

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-101099

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

H01L 29/872

(21)Application number : 10-263506

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 17.09.1998

(72)Inventor : KOBAYASHI SETSUKO

SHINOHE TAKASHI

TAKIGAWA OSAMU

IMAI SEIJI

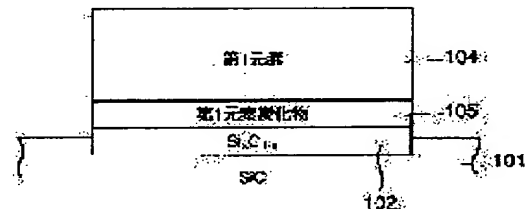
FUJIMOTO HIDETOSHI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a semiconductor device using SiC in which resistance is decreased in ohmic electrode region.

SOLUTION: The semiconductor device has an SiC region 101 and an electrode region formed thereon wherein the electrode region includes an Si_xC_{1-x} layer 102 ($x > 0.5$) and a first element carbide layer 105 having negative value of carbide creation enthalpy. The electrode region includes an impurity doped SiC layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3361061

[Date of registration]

18.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

NOTICES

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is Six C 1-x said whose electrode field it is the semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field, and is $x > 0.5$. Semiconductor device characterized by being constituted including a layer.

[Claim 2] It is Six C 1-x said whose electrode field it is the semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field, and is $x > 0.5$. Semiconductor device characterized by constituting a layer and the carbide enthalpy of formation including the layer which consists of carbide of the 1st element with a negative value.

[Claim 3] It is the semiconductor device characterized by being the semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field, and constituting said electrode field including the SiC layer by which the impurity was doped.

[Claim 4] It is the semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field. Said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the silicide enthalpy of formation are constituted including the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value. Or the semiconductor device characterized by being constituted including the layer in which the field of the silicide of the 2nd element in which the 1st field and silicide enthalpy of formation of carbide of an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value have a negative value was intermingled.

[Claim 5] It is the semiconductor device which has an n mold SiC field and the electrode field formed on this n mold SiC field. Said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, The silicide enthalpy of formation is constituted including the layer which consists of a nitride of the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value, and the 2nd element. The semiconductor device characterized by being constituted including the layer in which the field of the carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, the field of the silicide of the 2nd element in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the field of the nitride of the 2nd element were intermingled.

[Claim 6] It is the semiconductor device which has a p mold SiC field and the electrode field formed on this p mold SiC field. Said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, The silicide enthalpy of formation is constituted including the layer containing the 3rd element of the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value and two groups, or three groups. The semiconductor device characterized by being constituted including the layer which contains the 3rd element of two groups or three groups in the layer list in which the field of the silicide of the 2nd element in which the 1st field and silicide enthalpy of formation of carbide of an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value have a negative value was intermingled.

[Claim 7] It is the semiconductor device which has a p mold SiC field and the electrode field formed on this p mold SiC field. Said electrode field The layer which consists of carbide of the 4th element in which the carbide enthalpy of formation and the silicide enthalpy of formation

have a negative value, it is constituted including the layer containing the 3rd element or the layer which consists of silicide of the 4th element and two groups, or three groups. The semiconductor device characterized by being constituted including the layer which contains the 3rd element of two groups or three groups in the layer list in which the field of the carbide of the 4th element in which the carbide enthalpy of formation and the silicide enthalpy of formation have a negative value, and the field of the silicide of the 4th element were intermingled.

[Claim 8] The ingredient which is the semiconductor device which has the polar zone formed on a SiC field and this SiC field and the wiring section formed on this polar zone, and is used for said wiring section is a semiconductor device characterized by silicon and carbon containing to a predetermined metal.

[Claim 9] The semiconductor device according to claim 8 characterized by silicon and carbon containing to said predetermined metal by the concentration more than the solid-solution limit community to this metal.

[Claim 10] It is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ whose germanium concentration of said electrode field it is the semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field, and is three or more $[10^{21}\text{cm}^{-3}]$. Semiconductor device characterized by being constituted including a layer.

[Claim 11] The polar zone by which the Schottky barrier was carried out to the SiC field of the 1st conductivity type, and the SiC field of this 1st conductivity type, It is the semiconductor device which has the SiC field of the 2nd conductivity type inserted into this polar zone and the SiC field of said 1st conductivity type in the field corresponding to the periphery section of this polar zone. germanium concentration is three or more $[10^{21}\text{cm}^{-3}]$ $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ to said polar zone and boundary section of the SiC field of said 2nd conductivity type. Semiconductor device characterized by forming the layer.

[Claim 12] The semiconductor device characterized by having a SiC field containing oxygen or three or less $[1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}]$ hydrogen.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a semiconductor device, especially the semiconductor device which used SiC.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as an ohmic electrode of SiC used for schottky diode etc., nickel is used widely. However, it reacts with the silicon in SiC, and silicide is formed, surplus carbon segregates it to an electrode surface or the interface of SiC and an electrode, and nickel has the problem of causing a raise in resistance and degradation of an ohmic electrode. Moreover, if carbon deposits in an ohmic electrode surface, when the wiring section is formed on an ohmic electrode surface, degradation of the polar zone or the wiring section and high resistance-ization will be caused.

[0003] Moreover, in the schottky diode using SiC, in order to obtain pressure-proofing with reverse voltage, the guard ring of a conductivity type contrary to a SiC substrate is prepared in the periphery of a shot key electrode. However, when forming the shot key electrode for acquiring the Schottky barrier, and the electrode for guard rings which needs ohmic contact by the same electrode material, the Schottky barrier has the problem that sufficient ohmic contact is not acquired even if obtained.

[0004] On the other hand, SiC also has the problem that carrier concentration falls since the trap of the carrier is carried out to the deep level which an impurity makes in many cases, and the problem of carrier mobility falling and reducing the electrical characteristics of a component since there are many crystal defects resulting from a hole etc.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, in the semiconductor device using SiC, there was a problem that the resistance in an ohmic electrode field etc. became high by deposit of carbon etc. Moreover, SiC originated in the trap or the crystal defect and also had the problem that carrier concentration and carrier mobility tend to fall.

[0006] This invention is made to the above-mentioned conventional technical problem, and it sets it as the 1st purpose to achieve low resistance-ization in an ohmic electrode field etc. in the semiconductor device using SiC, and is making to raise the carrier concentration and carrier mobility of SiC into the 2nd purpose.

[0007]

[Means for Solving the Problem] It is Six C 1-x whose this invention is a semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field and said whose electrode field is $x > 0.5$. It is characterized by being constituted including a layer.

[0008] Six C 1-x which is $x > 0.5$ Compared with SiC (especially the thing only indicated to be SiC in this specification shall usually point out Si_{0.5} C_{0.5}, unless it refuses), the band gap of a layer is narrow. Therefore, Six C 1-x which is $x > 0.5$ according to this invention By preparing a layer, when a metal layer etc. is formed on it, energy barrier height in a metal / semi-conductor interface can be made low, and ohmic contact resistance can be reduced.

[0009] Moreover, it is Six C 1-x whose this invention is a semiconductor device which has a SiC

field and the electrode field formed on this SiC field and said whose electrode field is $x > 0.5$. It is characterized by constituting a layer and the carbide enthalpy of formation including the layer which consists of carbide of the 1st element with a negative value.

[0010] Six C $1-x$ which is $x > 0.5$ while the carbon and the 1st element of a SiC field react and the carbide of the 1st element is formed in this invention, since the carbide enthalpy of formation of the 1st element is a negative value A layer is formed. This Six C $1-x$ By the layer, ohmic contact resistance can be reduced like previous invention. Moreover, the carbide enthalpy of formation can prevent the problem of a raise in resistance and degradation of an electrode which are produced by deposit of carbon according to an operation of the 1st element with a negative value.

[0011] Moreover, this invention is a semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field, and it is characterized by constituting said electrode field including the SiC layer by which high concentration doping of the impurity was carried out.

[0012] When a metal layer etc. is formed on it by preparing the SiC layer by which high concentration doping was carried out according to this invention, a carrier can carry out tunneling of a SiC field / the metal layer interface, and ohmic contact resistance can be reduced. In addition, in a SiC layer here, it is Si_{0.5} C_{0.5}. Besides a layer, $1-x$ layer of Six C which is $x > 0.5$ are also contained.

[0013] This invention is a semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field. Moreover, said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the silicide enthalpy of formation are constituted including the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value. Or it is characterized by being constituted including the layer in which the field of the silicide of the 2nd element in which the 1st field and silicide enthalpy of formation of carbide of an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value have a negative value was intermingled.

[0014] In this invention, since the silicide enthalpy of formation of the 2nd element is a negative value, the silicon and the 2nd element of a SiC field react, the silicide of the 2nd element is formed, and the good ohmic contact over a SiC field is acquired with the silicide of this 2nd element. Moreover, since the carbide enthalpy of formation of the 1st element is a negative value, the carbon and the 1st element of a SiC field react, the carbide of the 1st element is easy to be formed, and the problem of a raise in resistance and degradation of an electrode which are produced by deposit of the carbon accompanying silicide generation can be prevented.

[0015] This invention is a semiconductor device which has an n mold SiC field and the electrode field formed on this n mold SiC field. Moreover, said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, The silicide enthalpy of formation is constituted including the layer which consists of a nitride of the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value, and the 2nd element. It is characterized by being constituted including the layer in which the field of the carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, the field of the silicide of the 2nd element in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the field of the nitride of the 2nd element were intermingled.

[0016] In this invention, good ohmic contact is acquired with the silicide of the 2nd element like previous invention. According to and an operation of the nitride of the 2nd element besides the effectiveness that a deposit of carbon can be controlled by forming the carbide of the 1st element It is prevented that the nitrogen which is n mold dopant of an n mold SiC field is pulled out from an n mold SiC field, it can prevent the fall of doping concentration, and the effectiveness that ohmic contact resistance can be reduced is acquired.

[0017] This invention is a semiconductor device which has a p mold SiC field and the electrode field formed on this p mold SiC field. Moreover, said electrode field The layer which consists of carbide of the 1st element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, The silicide enthalpy of formation is constituted including the layer containing the 3rd element of the layer which consists of silicide of the 2nd element with a negative value and two groups, or three groups. It is characterized by being constituted including the layer which contains the 3rd

element or two groups or three groups in the layer list in which the field of the silicide or the 2nd element in which the 1st field and silicide enthalpy of formation of carbide of an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value have a negative value was intermingled.

[0018] Good ohmic contact is acquired with the silicide of the 2nd element like [this invention] previous invention. And the layer containing the 3rd element besides the effectiveness that a deposit of carbon can be controlled by forming the carbide of the 1st element (usually) from SiC ($\text{Si}_{0.5}\text{C}_{0.5}$ or $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ of $x > 0.5$) by which the 3rd element was doped as an impurity — becoming — since a carrier can carry out tunneling, the effectiveness that ohmic contact resistance can be reduced is acquired.

[0019] This invention is a semiconductor device which has a p mold SiC field and the electrode field formed on this p mold SiC field. Moreover, said electrode field The layer which consists of carbide of the 4th element in which the carbide enthalpy of formation and the silicide enthalpy of formation have a negative value, It is constituted including the layer containing the 3rd element of the layer which consists of silicide of the 4th element and two groups, or three groups. It is characterized by being constituted including the layer which contains the 3rd element of two groups or three groups in the layer list in which the field of the carbide of the 4th element in which the carbide enthalpy of formation and the silicide enthalpy of formation have a negative value, and the field of the silicide of the 4th element were intermingled.

[0020] In this invention, each of carbide enthalpies of formation of the 4th element and silicide enthalpies of formation is negative, and it is the case where the 1st previous element and 2nd previous element in invention turn into the same element. Therefore, the effectiveness that a deposit of carbon can be controlled, and the effectiveness that ohmic contact resistance can be reduced when a carrier carries out tunneling of the layer containing the 3rd element further are acquired by acquiring good ohmic contact with the silicide of the 4th element, and forming the carbide of the 4th element like previous invention.

[0021] Moreover, this invention is a semiconductor device which has the polar zone formed on a SiC field and this SiC field, and the wiring section formed on this polar zone, and the ingredient used for said wiring section is characterized by silicon and carbon containing to a predetermined metal.

[0022] It is desirable that silicon and carbon contain to said predetermined metal by the concentration more than the solid-solution limit community to this metal.

[0023] According to this invention, since the carbon other than silicon contains to the metal of the wiring section, degradation of the polar zone or the wiring section and a raise in resistance which are caused by deposit of the carbon from a SiC field can be prevented.

[0024] Moreover, it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ whose this invention is a semiconductor device which has a SiC field and the electrode field formed on this SiC field and whose germanium concentration of said electrode field is three or more [10^{21}cm^{-3}]. It is characterized by being constituted including a layer.

[0025] $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ Compared with SiC, a band gap is narrow. Therefore, according to this invention, it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. By preparing a layer, when a metal layer etc. is formed on it, energy barrier height in a metal / semi-conductor interface can be made low, and ohmic contact resistance can be reduced. $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ The element used as an impurity may be doped by the layer. By making germanium and an impurity make it amorphous and introducing them by an ion implantation etc., the doping concentration of an impurity can be raised by leaps and bounds, and low resistance-ization can be achieved further. In addition, as for the range of Above x, it is desirable that it is $0 < x \leq 0.5$, and, as for the range of y, it is desirable that it is $0 < y \leq 0.3$.

[0026] Moreover, the polar zone by which the Schottky barrier of this invention was carried out to the SiC field of the 1st conductivity type, and the SiC field of this 1st conductivity type, It is the semiconductor device which has the SiC field of the 2nd conductivity type inserted into this polar zone and the SiC field of said 1st conductivity type in the field corresponding to the periphery section of this polar zone. germanium concentration is three or more [10^{21}cm^{-3}] $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ to said polar zone and boundary section of the SiC field of said 2nd conductivity type. It is characterized by forming the layer.

[0027] $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ of germanium concentration predetermined to the boundary section of

the SiC field or the 2nd conductivity type which serves as polar zone and a guard ring in this invention since the layer (it is desirable that it is $0 < x \leq 0.5$ and $0 < y \leq 0.3$) is formed -- between the polar zone and guard rings -- enough -- low -- ohmic contact [****] can be acquired.

[0028] Moreover, the semiconductor device concerning this invention is characterized by having a SiC field containing oxygen or three or less [$1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$] hydrogen. In addition, it is desirable also about an oxygen density that it is three or less [$1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$].

[0029] Since a crystal defect can be made to ease by being able to compensate the deep level which a non-dopant impurity makes from this invention by making SiC contain hydrogen, and making SiC contain oxygen, carrier concentration and carrier mobility can be raised.

[0030]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing.

[0031] (The 1st operation gestalt) Drawing 1 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 1st operation gestalt of this invention. As shown in drawing 1, it is Six C 1-x on the SiC substrate 101. The layer 102 and the metal layer 103 are formed in the shape of a layer.

[0032] Six C 1-x The layer is $X > 0.5$ and the band cap is narrow from SiC. Moreover, SiC/Six C 1-x The rate of Si is increasing from the interface continuously toward the direction of a metal layer, and the band gap is narrow continuously toward the direction of a metal layer. Therefore, the energy barrier of a semi-conductor/metal interface is low, and ohmic contact resistance can be reduced. Moreover, it is Six C 1-x on the SiC substrate 101. It also becomes possible by forming a layer 102 to raise the adhesion by the side of the upper layer.

[0033] Drawing 2 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. The fundamental configuration of electrode structure is the same as that of the example shown in drawing 1. Differing from the example of drawing 1 is Six C 1-x. A layer 102 is the point of being buried in the SiC substrate 101. Depending on the production approach of an electrode, it is Six C 1-x like this example. Although the location of a layer 102 may change, the same effectiveness as the example of drawing 1 can be done so.

[0034] (The 2nd operation gestalt) Drawing 3 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 2nd operation gestalt of this invention. As shown in drawing 3, the Pori SiC layer 120 and the metal layer 103 are formed in the shape of a layer on the SiC substrate 101.

[0035] The impurity is doped so that the Pori SiC layer 120 may serve as the same conductivity type as the SiC substrate 101, and the doping concentration of the Pori SiC layer 120 has become three or more [10^{18}cm^{-3}]. Since a carrier carries out tunneling of the SiC substrate 101 / metal layer 103 interface by pinching the Pori SiC layer 120 doped by high concentration between the SiC substrate 101 and the metal layer 103, ohmic contact resistance can be reduced. Moreover, it also becomes possible by forming the Pori SiC layer 120 on the SiC substrate 101 to raise the adhesion by the side of the upper layer.

[0036] (The 3rd operation gestalt) Drawing 4 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 3rd operation gestalt of this invention. As shown in drawing 4, it is Six C 1-x on the SiC substrate 101. The layer 102, the 1st yuan raw charcoal ghost layer 105, and the 1st element layer (metal layer) 104 are formed in the shape of a layer.

[0037] Specifically, the carbide enthalpy of formation is chosen as the 1st element using an element with a negative value from Ta, Zr, Nb, Ti, Th, Be, V, Cr, aluminum, B, Ce, W, Mn, calcium, etc.

[0038] It is Six C 1-x like the 1st operation gestalt. The layer is $X > 0.5$ and is SiC/Six C 1-x. Since the rate of Si is increasing from the interface toward an upper layer side, it can reduce carrying out ohmic contact resistance. Moreover, since 102 is formed 1-x layer of Six C on the SiC substrate 101, adhesion can be raised.

[0039] Drawing 5 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach for producing the electrode structure of having a configuration as shown in drawing 4.

[0040] As shown in drawing 5 (a), after forming the 1st element layer 104 in the shape of a layer on the SiC substrate 101, structure as performed heat treatment and shown in drawing 5 (b) is

produced. Since the 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, it reacts with the carbon in the SiC substrate 101, and the 1st yuan raw charcoal ghost layer 105 is formed. since carbon falls out from SiC substrate 101 front face in that case -- $\text{Si} \text{---} \text{Six C } 1\text{--}x$ which is a rich field A layer 102 is formed. Thus, since the carbon in the SiC substrate 101 reacts with the 1st element in this example, the problem that carbon deposits does not arise.

[0041] Drawing 6 is the process sectional view having shown other examples of the manufacture approach for producing the electrode structure of having a configuration as shown in drawing 4.

[0042] Heat treatment is performed after forming the Pori Si layer 106 and the 1st element layer 104 in the shape of a layer on the SiC substrate 101, as shown in drawing 6 (a). Since the 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, as it reacts with the carbon in the SiC substrate 101 and is shown in drawing 6 (b), the 1st yuan raw charcoal ghost layer 105 is formed. in order that [moreover,], as for the carbon in the SiC substrate 101, the Pori Si layer 106 may react and carbon may fall out from SiC substrate 101 front face further -- $\text{Si} \text{---} \text{rich Six C } 1\text{--}x$ A layer 102 is formed. In addition, if the impurity is doped by high concentration so that it may become the SiC substrate 101 and the same conductivity type at the Pori Si layer 106, it is possible to reduce ohmic contact resistance further.

[0043] Drawing 7 is the process sectional view having shown other examples of the manufacture approach for producing the electrode structure of having a configuration as shown in drawing 4.

[0044] As shown in drawing 7 (a), after forming the Pori Si layer 106 in the shape of a layer on the SiC substrate 101, the ion implantation of the dopant is carried out on the Pori Si layer 106. The dopant element by which the SiC substrate 101 and the Pori Si layer 106 are the same conductivity types, and an ion implantation is carried out If the SiC substrate 101 is n mold, they are 5 group element and one or more elements specifically chosen from N, P, As, Sb, and Bi. If the SiC substrate 101 is p mold, they are 3 group element or 2 group element, and one or more elements specifically chosen from B, aluminum, Ga, In, Tl, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Be, Mg, calcium, Sr, Ba, and Ra. By the ion implantation, as shown in drawing 7 (b), the Pori Si layer 106 turns into the doped poly Si layer 107, the ion implantation also of the SiC substrate 101 under the doped poly Si layer 107 is carried out, and it serves as the amorphous field 108.

[0045] Next, as shown in drawing 7 (c), it heat-treats by forming the 1st element layer 104 on the doped poly Si layer 107. Since the carbide enthalpy of formation is an element with a negative value, as it is shown in drawing 7 (d), the 1st yuan raw charcoal ghost layer 105 is formed, the doped poly Si layer 107 also reacts with carbon, and the 1st element is $\text{Six C } 1\text{--}x$. A layer 102 is formed. Since there is a special feature of SiC of being easy to become 3 C-SiC crystal structure when SiC made amorphous recrystallizes by heat treatment although it recrystallizes by heat treatment, an amorphous field is $\text{Six C } 1\text{--}x$. The ratio of the crystal structure of a layer 102 of 3C increases. Since the band gap is narrow compared with 4 H-SiC or 6 H-SiC, 3 C-SiC can aim at reduction of ohmic contact resistance more.

[0046] (The 4th operation gestalt) The 8th is the process sectional view having shown an example and its manufacture approach of the electrode structure concerning the 4th operation gestalt of this invention.

[0047] As shown in drawing 8 (a), after forming the Pori SiC layer 109 in the shape of a layer on the SiC substrate 101, the ion implantation of the dopant is carried out on the Pori SiC layer 109. The SiC substrate 101 and the Pori SiC layer 109 are the same conductivity types. About the dopant element which carries out an ion implantation, it is the same as that of what was explained in drawing 7. By the ion implantation, as shown in drawing 8 (b), the Pori SiC layer 109 turns into the doped poly SiC layer 110, the ion implantation also of the SiC substrate 101 under the doped poly SiC layer 110 is carried out, and it serves as the amorphous field 111.

[0048] Next, heat treatment is performed after carrying out the laminating of the metal layer 112 on the doped poly SiC layer 110, as shown in drawing 8 (c). It may heat-treat, before carrying out the laminating of the metal layer 112, and the laminating of the metal layer 112 may be carried out after that. By this, as shown in drawing 8 (d), the carbide layer 113 is formed and the doped poly SiC layer 110 is recrystallized, and it is $\text{Six C } 1\text{--}x$. A layer 102 is formed. Since there

is a special feature of SiC of being easy to become 3C-SiC crystal structure when SiC made amorphous recrystallizes by heat treatment, it is Six C 1-x. The ratio of the crystal structure of a layer 102 of 3C increases. Therefore, since it is the same with having explained in drawing 7, ohmic contact resistance can be reduced.

[0049] (The 5th operation gestalt) Drawing 9 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 5th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 9, the 2nd element silicide layer 124, the 2nd element layer 123, the 1st yuan raw charcoal ghost layer 122, and the 1st element layer 121 are formed in the shape of a layer on the SiC substrate 101.

[0050] The carbide enthalpy of formation is an element with a negative value, and, specifically, the 1st element is chosen from Ta, Zr, Nb, Ti, Th, Be, V, Cr, aluminum, B, Ce, W, Mn, calcium, etc. The silicide enthalpy of formation is an element with a negative value, and, specifically, the 2nd element is chosen from calcium, Ti, nickel, Th, Ta, Co, Mo, Cr, Mn, Nb, Fe, Re, etc.

[0051] Drawing 10 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 9. As shown in drawing 10 (a), as shown in drawing 10 (b), the 2nd element silicide layer 124 and the 1st yuan raw charcoal ghost layer 122 are formed by heat-treating by forming the 2nd element layer 123 and the 1st element layer 121 in the shape of a layer.

[0052] Although it is known that ohmic contact will be acquired by forming silicide on SiC conventionally, since there is no segregation of the surplus carbon by silicide generation by forming a carbide layer, much more low resistance-ization of an ohmic electrode can be achieved.

[0053] (The 6th operation gestalt) Drawing 11 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 6th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 11, the mixture layer 125 in which the field which consists of the field which consists of the 1st element, the field which consists of the 2nd element, a field which consists of a 1st yuan raw charcoal ghost, and the 2nd element silicide was intermingled is formed on the SiC substrate 101.

[0054] The 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used. The 2nd element is an element in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used.

[0055] Drawing 12 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 11. As shown in drawing 12 (a), as shown in drawing 12 (b), the mixture layer 125 is formed by heat-treating by forming the mixture layer 126 in which the 1st element and the 2nd element were intermingled on the SiC substrate 101.

[0056] In this example, since the ohmic contact to SiC is acquired with the silicide in the mixture layer 125 and also there is no segregation of the surplus carbon by silicide generation by forming carbide into the mixture layer 125, much more low resistance-ization of an ohmic electrode can be achieved. Moreover, with this operation gestalt, as compared with the 5th operation gestalt, since it ends with deposition of only one layer, the manufacture approach becomes simple.

[0057] Drawing 13 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. That is, the cap layer 127 is formed on the mixture layer 125. As for Pt, Au, Pd, nickel, etc., it is [the ingredient of the cap layer 127] desirable to be chosen from oxygen and the metallic element which cannot react easily. By forming the cap layer 127, it can prevent that an electrode reacts with the oxygen in air and deteriorates.

[0058] (The 7th operation gestalt) Drawing 14 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 7th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 14, the 2nd element silicide layer 134, the 2nd element nitride layer 133, the 1st yuan raw charcoal ghost layer 132, and the 1st element layer 131 are formed on the n mold SiC substrate 130.

[0059] The 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used. The 2nd element is an element

in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used.

[0060] Drawing 15 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 14. As shown in drawing 15 (a), as shown in drawing 15 (b), the 2nd element silicide layer 134 and the 1st yuan raw charcoal ghost layer 132 are formed by heat-treating by forming the 2nd element nitride layer 133 and the 1st element layer 131 in the shape of a layer on the n mold SiC substrate 130.

[0061] Since ohmic contact is acquired by forming silicide on SiC and also there is no segregation of the surplus carbon by silicide generation by forming a carbide layer, much more low resistance-ization of an ohmic electrode can be achieved. Moreover, since the 2nd element nitride is used, the nitrogen which is a dopant in the n mold SiC is not pulled out out of SiC and high concentration can be maintained, reduction of ohmic contact resistance can be aimed at further.

[0062] (The 8th operation gestalt) Drawing 16 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 8th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 16, the mixture layer 135 in which the field which consists of the field which consists of the 1st element, the field which consists of the 2nd element nitride, a field which consists of a 1st yuan raw charcoal ghost, and the 2nd element silicide was intermingled is formed on the n mold SiC substrate 130.

[0063] The 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used. The 2nd element is an element in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used.

[0064] Drawing 17 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 16. As shown in drawing 17 (a), as shown in drawing 17 (b), the mixture layer 135 is formed by heat-treating by forming the mixture layer 136 in which the 1st element and the 2nd element nitride were intermingled on the n mold SiC substrate 130.

[0065] In this example, since the ohmic contact to SiC is acquired with the silicide in the mixture layer 135 and also there is no segregation of the surplus carbon by silicide generation by forming carbide into the mixture layer 135, much more low resistance-ization of an ohmic electrode can be achieved. Moreover, the nitrogen which is a dopant in the n mold SiC is not drawn out by the 2nd element nitride out of a SiC substrate, and reduction of ohmic contact resistance can be aimed at further. Moreover, with this operation gestalt, as compared with the 7th operation gestalt, since it ends with deposition of only one layer, the manufacture approach becomes simple.

[0066] Drawing 18 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. That is, the cap layer 137 is formed on the mixture layer 135 shown by drawing 17. The effectiveness by the ingredient of the cap layer 137 and the cap layer is the same as that of the example of the cap layer shown by drawing 13.

[0067] (The 9th operation gestalt) Drawing 19 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 9th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 19, the 3rd element high concentration layer 145 in which the impurity was doped by SiC at high concentration, the 2nd element silicide layer 144, the 2nd element layer 143, the 1st yuan raw charcoal ghost layer 142, and the 1st element layer 141 are formed on the p mold SiC substrate 140.

[0068] The 1st element is an element in which the carbide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used. The 2nd element is an element in which the silicide enthalpy of formation has a negative value, and the same element as the 5th operation gestalt is used. As the 3rd element, 3 group element or 2 group element is used, and, specifically, it is chosen from B, aluminum, Ga, In, Tl, Sc, Y, Be, Mg, calcium, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd, Hg, etc.

[0069] Drawing 20 is the process sectional view having shown an example of the manufacture

approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 19. As shown in drawing 20 (a), as shown in drawing 20 (b), the 3rd element high concentration layer 145, the 2nd element silicide layer 144, and the 1st yuan raw charcoal ghost layer 142 are formed by heat-treating by the 3rd element layer 146, the 2nd element layer 143, and the 1st element layer 141 forming the shape of a layer on the p mold SiC substrate 140.

[0070] In this example, since a carrier carries out tunneling of this high concentration layer 145 by forming the high concentration layer 145 which contains the 3rd element as a dopant, reduction of ohmic contact resistance can be aimed at.

[0071] (The 10th operation gestalt) Drawing 21 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 10th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 21, the mixture layer 151 in which the field which consists of the field which serves as the 3rd element high concentration layer 152 in which the high-concentration impurity was doped by SiC on the p mold SiC substrate 140 from the 1st element, the field which consists of the 2nd element, the field which consists of the 3rd element, a field which consists of a raw charcoal ghost, and the 2nd element silicide was intermingled is formed in the shape of a layer. The same element as the 9th operation gestalt is used for the 1st element, the 2nd element, and the 3rd element.

[0072] Drawing 22 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 21. As shown in drawing 22 (a), as shown in drawing 22 (b), the 3rd element high concentration layer 152 and the mixture layer 151 in which the impurity was doped by high concentration are formed in SiC by heat-treating by forming the mixture layer 153 in which the 1st element, the 2nd element, and the 3rd element were intermingled on the p mold SiC substrate 140.

[0073] Reduction of ohmic contact resistance can be aimed at like the 9th operation gestalt by forming the high concentration layer 152 which contains the 3rd element as a dopant also by this example.

[0074] Drawing 23 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. That is, the cap layer 154 is formed on the mixture layer 151 shown by drawing 22. The effectiveness by the ingredient of the cap layer 154 and the cap layer is the same as that of the example of the cap layer shown by drawing 13.

[0075] Drawing 24 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 23. As shown in drawing 24 (a), the ion implantation of the 2nd element and the 3rd element is carried out on the p mold SiC substrate 140, and as shown in drawing 24 (b), the amorphous field 155 is formed. Then, as shown in drawing 24 (c), the mixture layer of the 1st element, the 2nd element, and the 3rd element is formed, it heat-treats further, and as shown in drawing 24 (d), the mixture layer 151 is formed. By furthermore carrying out the laminating of the cap layer 154 on it, it prevents that an electrode reacts with the oxygen in air and deteriorates. Like drawing 24 (a), if the ion implantation of the 2nd element and the 3rd element is performed to coincidence, it can promote that the 3rd element is introduced into p mold-SiC140 as a dopant, and ohmic contact resistance can be reduced further.

[0076] (The 11th operation gestalt) Drawing 25 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 11th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 25, the mixture layer 161 in which the field which consists of the field which serves as the 3rd element high concentration layer 162 in which the high-concentration impurity was doped by SiC from the 3rd element, the field which consists of the 4th element, a field which consists of a 4th yuan raw charcoal ghost, and the 4th element silicide was intermingled is formed in the shape of a layer on the p mold SiC substrate 140, and the cap layer 163 is formed further.

[0077] The carbide enthalpy of formation and the silicide enthalpy of formation are elements with a negative value, and the 4th element is specifically chosen [both] from Ta, Nb, Ti, Th, Cr, Mn, calcium, etc. It is the same as that of what 3 group element or 2 group element was used, and was specifically previously shown as the 3rd element. Reduction of ohmic contact resistance can be aimed at by forming the high concentration layer 162 which contains the 3rd element as a

support also by this example.

[0078] Drawing 26 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown in drawing 25. As shown in drawing 26 (a), the ion implantation of the 4th element and the 3rd element is carried out on the p mold SiC substrate 140, and as shown in drawing 26 (b), the amorphous field 165 is formed. Then, as shown in drawing 26 (c), the 3rd element layer 166 and the 4th element layer 167 are formed, it heat-treats further, and as shown in drawing 26 (d), the mixture layer 161 is formed. By furthermore carrying out the laminating of the cap layer 163 on it, it is prevented that an electrode reacts with the oxygen in air and deteriorates.

[0079] in addition, the 1- explained above -- as for heat treatment, in the 11th operation gestalt, it is desirable to perform preferably 500 degrees C - 1000 degrees C at 700 degrees C - 900 degrees C into inert gas ambient atmospheres, such as Ar.

[0080] (The 12th operation gestalt) Drawing 27 shows the sectional view of the semiconductor device concerning the 12th operation gestalt of this invention.

[0081] As shown in drawing 27, the aluminum-Si-C wiring material 202 is formed on electrode 201a of IGBT201 using SiC, and bonding of the aluminum wire 203 is carried out to this aluminum-Si-C wiring material 202. As for the aluminum-Si-C wiring material 202, Si more than a solid-solution limit community and C more than a solid-solution limit community are dissolving in aluminum. About 0.7% of C concentration is [Si concentration in aluminum] desirable 1.5%.

[0082] Usually, when the aluminum-Si alloy used as wiring material to Si is used to SiC, the problem that carbon is pulled out happens from SiC. In this example, by using aluminum-Si-C which was mentioned above as wiring material formed on a SiC device, degradation of the electrode caused by deposit of the carbon in Si or wiring material can be prevented, and resistance of an electrode section or a wiring part can be reduced.

[0083] (The 13th operation gestalt) Drawing 28 shows the sectional view of the semiconductor device concerning the 13th operation gestalt of this invention.

[0084] As shown in drawing 28, on a SiC substrate 211 main front face, the SiC epilayer 212 and the shot key electrode 213 are formed, the ohmic electrode 214 is formed on SiC substrate 211 rear face, and SiC-SBD (Schottky barrier diode)210 is formed by these. On the shot key electrode 213 of SiC-SBD210, and the ohmic electrode 214, the aluminum-Si-C wiring material 215 to which Si and C more than a solid-solution limit community dissolved is formed into aluminum. The effectiveness of this aluminum-Si-C wiring material 215 is the same as the effectiveness of a previous operation gestalt, by using aluminum-Si-C as wiring material, can prevent degradation of the electrode caused by deposit of the carbon in Si, or wiring material, and can reduce resistance of an electrode section or a wiring part.

[0085] (The 14th operation gestalt) Drawing 29 shows the plan and sectional view about the semiconductor device concerning the 14th operation gestalt of this invention.

[0086] As shown in drawing 29 (a), it arranges in the same package combining SiC-IGBT222 and SiC-SBD221. As shown in drawing 29 (b), on the principal plane electrode of SiC-IGBT222 and SiC-SBD221, the aluminum-Si-C wiring material 223 is formed. On the aluminum-Si-C wiring material 223, the electrode 225 (Cu etc. is used) is formed through the metal layer 224 (Mo etc. is used). Moreover, the electrode 226 (Cu etc. is used) is formed also in the rear-face side of SiC-IGBT222 and SiC-SBD221. Also in this example, the effectiveness same with having stated previously can be done so by the aluminum-Si-C wiring material 223.

[0087] In addition, although SiC-IGBT and SiC-SBD were mentioned as the example with the above-mentioned operation gestalten 12-14 and they explained them, a switching element, a rectifying device, etc. not only using these but SiC can apply a configuration which was mentioned above also to other semiconductor devices.

[0088] (The 15th operation gestalt) Drawing 30 is the process sectional view having shown the manufacture approach of the semiconductor device concerning the 15th operation gestalt of this invention.

[0089] First, as shown in drawing 30 (a), it is the SiC substrate 251 whole SiO₂ It covers by the film 252. Then, only the rear-face side of the SiC substrate 251 is SiO₂. The film 252 is removed, and further, as shown in drawing 30 (b), the electrode material 253 is deposited.

however, when using the electrode material 253 as an ohmic electrode, in order to acquire low resistance ohmic contact of SiC / electrode interface, hot heat treatment is needed. On the other hand, since the electrode 255 formed in SiC substrate 251 front face in the process of drawing 30 (d) cannot bear elevated-temperature heat treatment, after formation of an electrode 255 completes formation and elevated-temperature heat treatment of the electrode material 253, it must be performed. However, SiO₂ which remained on the SiC substrate 251 in the process of drawing 30 (c) in order to form an electrode 255 The film 252 must be removed. SiO₂ Although acids, such as HF, are used in order to remove the film 252, there is a possibility that the electrode material 253 may be eaten away by the acid, in that case. Then, the electrode material 254 is formed using an insoluble metal to an acid on the electrode material 253, and it prevents that the electrode material 253 is eaten away by the acid.

[0090] Suppose "Use one or more metals chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, and W which are 4A group, 5A group, and 6A group element as acid-proof electrode material 254."

[0091] (The 16th operation gestalt) Drawing 31 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 16th operation gestalt of this invention. As shown in drawing 31, it is Si_{1-x-y}C_xGey on the SiC substrate 301. The layer 302 and the cap layer 303 are formed in the shape of a layer. x is 0<=x<=0.5, y is 0<=y<=0.3, and germanium concentration has become three or more [1021cm⁻¹].

[0092] It is desirable to use what contains in the cap layer 303 one or more elements specifically chosen from nickel, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, aluminum, Ga, In, C, Si, germanium, Sn, Pb, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, and W, such as a metal and an intermetallic compound.

[0093] Si_{1-x-y}C_xGey As compared with SiC, it is Si_{1-x-y}C_xGey between the cap layers 303 which have the SiC substrate 301 and metal conductivity since the band gap is narrow. By making a layer 302 intervene, the barrier of a metal / semi-conductor interface can be reduced, and ohmic contact resistance can be reduced. Moreover, Si_{1-x-y}C_xGey If the layer 302 is doped by the same conductivity type as the SiC substrate 301, an ohmic electrode with still lower contact resistance can be obtained.

[0094] Drawing 32 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. The fundamental configuration of electrode structure is the same as that of the example shown in drawing 31. Differing from the example of drawing 31 is Si_{1-x-y}C_xGey. A part of layer 302 is the point of being buried in the SiC substrate 301. Depending on the production approach of an electrode, it is Si_{1-x-y}C_xGey like this example. Although the location of a layer 302 may change, the same effectiveness as the example of drawing 31 can be done so.

[0095] Drawing 33 is the sectional view having shown other examples of the electrode structure concerning this operation gestalt. The fundamental configuration of electrode structure is the same as that of the example shown in drawing 31. Differing from the example of drawing 31 is Si_{1-x-y}C_xGey. It is the point that the layer 302 whole is buried in the SiC substrate 301. Si_{1-x-y}C_xGey boiled depending on the production approach of an electrode so that it may be this example Although the location of a layer 302 may change, the same effectiveness as the example of drawing 31 can be done so.

[0096] (The 17th operation gestalt) Drawing 34 is the sectional view having shown an example of the electrode structure concerning the 17th operation gestalt of this invention. It is Si_{1-x-y}C_xGey that this operation gestalt differs from the 16th operation gestalt. It is the point that the germanium layer 304 is formed in the shape of a layer on the layer 302. At this example, it is Si_{1-x-y}C_xGey with a band gap narrower than SiC on the SiC substrate 301. A layer 302 is formed and it is Si_{1-x-y}C_xGey on it further. Since the germanium layer 304 with a narrow band gap is formed, the barrier of a metal / semi-conductor interface can be made still lower, and ohmic contact resistance can be reduced further.

[0097] (The 18th operation gestalt) Drawing 35 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown with the 16th operation gestalt.

[0098] As shown in drawing 35 (a), it is Si_{1-x-y}C_xGey on the SiC substrate 301. After depositing a layer 321, as by performing heat treatment shows to drawing 35 (b), they are the

SiC substrate 301 and $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. The interface of a layer 322 is familiarized and discontinuity is made to ease. Then, as shown in drawing 35 (c), it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. The cap layer 323 is made to deposit on a layer 322.

[0099] Drawing 36 is the process sectional view having shown other examples of the manufacture approach of the electrode structure of having a configuration as shown with the 16th operation gestalt.

[0100] As shown in drawing 36 (a), it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ on the SiC substrate 301. After depositing a layer 321 and the cap layer 323 in the shape of a layer, it considers as structure as shown in drawing 36 (b) by performing heat treatment.

[0101] Drawing 37 is the process sectional view having shown other examples of the manufacture approach of the electrode structure of having a configuration as shown with the 16th operation gestalt.

[0102] As shown in drawing 37 (a), the ion implantation of the germanium is carried out to the SiC substrate 301 by acceleration voltage 50keV and dose $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$, and germanium ion-implantation field 331 of an amorphous condition is formed. Ion-implantation temperature has desirable room temperature -800 degree C. All over germanium ion-implantation field 331, germanium contains by three or more $[1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}]$ concentration. Next, heat treatment is performed after depositing the cap layer 332, as shown in drawing 37 (b). The sequence of heat treatment and cap layer deposition may be reverse. By heat-treating, as shown in drawing 37 (c), germanium ion-implantation layer 331 turns into the $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ layer 333.

[0103] If the ion-implantation layer of an amorphous state is heat-treated and recrystallized, it is known that it will be easy to become 3C crystal structure. Since the band gap is narrow compared with the crystal structure of 4H or 6H, 3C crystal structure is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. When a layer serves as 3C crystal structure, ohmic contact resistance can be reduced further. Moreover, to germanium concentration, an impregnation field, and a pan, an ohmic property is controllable free by adjusting the power and the dose at the time of the ion implantation of germanium.

[0104] (The 19th operation gestalt) Drawing 38 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of electrode structure which has a configuration as shown with the 17th operation gestalt.

[0105] As shown in drawing 38 (a), the ion implantation of the germanium is carried out to the SiC substrate 301 by acceleration voltage 50keV and dose $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$, and germanium ion-implantation field 331 of an amorphous condition is formed. Ion-implantation temperature has desirable room temperature -800 degree C. All over germanium ion-implantation field 331, germanium contains by three or more $[1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}]$ concentration. Next, heat treatment is performed after depositing the germanium deposit 334 and the cap layer 335 in the shape of a layer, as shown in drawing 38 (b). The sequence of heat treatment, germanium layer, and cap layer deposition may be reverse. By heat-treating, as shown in drawing 38 (c), germanium ion-implantation layer 331 is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. It becomes a layer 336.

[0106] By heat-treating and recrystallizing the ion-implantation layer of an amorphous state also by this example, it becomes easy to form 3C crystal structure, and ohmic contact resistance can be reduced further.

[0107] (The 20th operation gestalt) Drawing 39 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of the electrode structure concerning the 20th operation gestalt of this invention.

[0108] As shown in drawing 39 (a), the ion-implantation field 341 of an amorphous condition is formed by carrying out the ion implantation of germanium and the dopant element to the SiC substrate 301. germanium and dopant ion may be poured into coincidence and may be poured in separately. Ion-implantation temperature has desirable room temperature -800 degree C. germanium is made to contain by three or more $[1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}]$ concentration all over the ion-implantation field 341. That from which the ion-implantation field 341 serves as the same conductivity type as the SiC substrate 301 is used for a dopant element. If the SiC substrate 301 is n mold, will make a dopant into 5 group element and the thing specifically chosen from N, P, As, Sb, Bi, V, Nb, and Ta, and if the SiC substrate 301 is p mold Let dopants be three groups

or 2 group element, and the thing specifically chosen from B, aluminum, Ga, In, Tl, Zn, Cd, Hg, Se, Y, Be, Mg, calcium, Sr, Ba, and Ra.

[0109] The ion-implantation field 341 serves as concentration more than the solid-solution limit community in the thermal equilibrium state [concentration / in a field 341 / dopant] in SiC by making it amorphous. Consequently, $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ formed at the following process The doping concentration in a layer 343 can be raised by leaps and bounds, and ohmic contact resistance can be reduced.

[0110] After heat-treating, as shown in drawing 39 (c), the cap layer 342 is deposited in the shape of a layer. The sequence of heat treatment and cap layer deposition may be reverse. By heat-treating, the ion-implantation layer 341 is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. It becomes a layer 343. As a cap layer 342, a metal, an intermetallic compound, etc. should just use what was shown previously, and the same thing.

[0111] (The 21st operation gestalt) Drawing 40 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of the electrode structure concerning the 21st operation gestalt of this invention.

[0112] As shown in drawing 40 (a), the ion-implantation field 341 of an amorphous condition is formed by carrying out the ion implantation of germanium and the dopant element to the SiC substrate 301. The ion notes entry condition, the dopant element, etc. are the same as that of the case of the 20th operation gestalt mentioned above. The ion-implantation field 341 serves as concentration more than the solid-solution limit community in the thermal equilibrium state [concentration / in a field 341 / dopant] in SiC by making it amorphous. Consequently, $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ formed at the following process The doping concentration in a layer 346 can be raised by leaps and bounds, and ohmic contact resistance can be reduced.

[0113] As it heat-treats and is shown in drawing 40 (b), it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. After forming a layer 346, as shown in drawing 40 (c), the germanium layer 344 and the cap layer 345 are deposited in the shape of a layer. The sequence of deposition, such as heat treatment and a cap layer, may be reverse. As a cap layer 342, a metal, an intermetallic compound, etc. should just use what was shown previously, and the same thing. Moreover, as for the germanium layer 344, it is desirable to be doped by the same conductivity type as the SiC substrate 301.

[0114] (The 22nd operation gestalt) Drawing 41 is the process sectional view having shown an example of the manufacture approach of the electrode structure concerning the 22nd operation gestalt of this invention.

[0115] As shown in drawing 41 (a), after forming the mixture layer 352 of germanium and a dopant element on the SiC substrate 301, as shown in drawing 41 (b), the ion implantation of germanium and the dopant element is carried out, and the ion-implantation field 351 of an amorphous condition is formed. The ion notes entry condition, the dopant element, etc. are the same as that of the case of the 20th operation gestalt mentioned above. The ion-implantation field 351 serves as concentration more than the solid-solution limit community in the thermal equilibrium state [concentration / in a field 351 / dopant] in SiC by making it amorphous. Consequently, $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ formed at the following process The doping concentration in a layer 354 can be raised by leaps and bounds, and ohmic contact resistance can be reduced.

[0116] As it heat-treats and is shown in drawing 41 (c), it is $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$. After forming a layer 354, the cap layer 353 is deposited in the shape of a layer. The sequence of deposition of heat treatment and a cap layer may be reverse. As a cap layer 353, a metal, an intermetallic compound, etc. should just use what was shown previously, and the same thing.

[0117] (The 23rd operation gestalt) Drawing 42 is the sectional view showing the manufacture approach of the electrode structure concerning the 23rd operation gestalt of this invention.

[0118] As shown in drawing 42 (a), after depositing the Pori Si layer 361 on the SiC substrate 301, as shown in drawing 42 (b), the impregnation field 362 of an amorphous condition is formed by carrying out the ion implantation of the germanium. As for the ion-implantation field 362, it is desirable to be doped by the same conductivity type as the SiC substrate 301. Ion-implantation temperature has desirable room temperature -800 degree C. germanium is made to contain by three or more [$1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$] concentration all over the ion-implantation field 362.

[0119] It heat-treats, as shown in drawing 42 (c), and it is the ion-implantation field 362 Si_{1-x-y}

Cx Gey it considers as a layer 364 and an electrode 363 is further deposited in the shape of a layer on it. Even if the sequence of heat treatment and electrode deposition is reverse, there is no inconvenience. As an electrode 363, the thing containing one or more elements specifically chosen from nickel, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, aluminum, Ga, In, C, Si, germanium, Sn, Pb, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, and W, such as a metal and an intermetallic compound, is desirable.

[0120] (The 24th operation gestalt) Drawing 43 is the sectional view showing the manufacture approach of the electrode structure concerning the 24th operation gestalt of this invention.

[0121] As shown in drawing 43 (a), after depositing the Pori Si layer 371 on the SiC substrate 301, as shown in drawing 43 (b), the ion-implantation field 372 of an amorphous condition is formed by carrying out the ion implantation of germanium and the dopant element. Ion-implantation temperature has desirable room temperature -800 degree C. germanium is made to contain by three or more [$1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$] concentration all over the ion-implantation field 371. The ion notes entry condition, the dopant element, etc. are the same as that of the case of the 20th operation gestalt shown previously.

[0122] It heat-treats, as shown in drawing 43 (c), and it is the ion-implantation field 372 Si $1-x-y$ Cx Gey It considers as a layer 374 and an electrode 373 is further deposited in the shape of a layer on it. Even if the sequence of heat treatment and electrode deposition is reverse, there is no inconvenience. The same metal as what was shown previously etc. can be used for an electrode 373. Si $1-x-y$ Cx Gey Since the impurity is doped by high concentration, a layer 374 can reduce ohmic contact resistance.

[0123] (The 25th operation gestalt) Drawing 44 is the sectional view showing the manufacture approach of the electrode structure concerning the 25th operation gestalt of this invention.

[0124] As shown in drawing 44 (a), after depositing the mixture layer 381 and the cap layer 382 of Si and germanium in the shape of a layer on the SiC substrate 301, as by performing heat treatment shows to drawing 44 (b), the SiC substrate 301 and the mixture layer 381 of Si and germanium react, and it is Si $1-x-y$ Cx Gey. A layer 383 is formed. What is necessary is just to use the metal same as a cap layer 382 as what was shown previously etc.

[0125] (The 26th operation gestalt) Drawing 45 is the sectional view showing the manufacture approach of the electrode structure concerning the 26th operation gestalt of this invention.

[0126] As shown in drawing 45 (a), after depositing the mixture layer 391 of Si and germanium in the shape of a layer on the SiC substrate 301, the ion implantation of the dopant element is carried out. Then, heat treatment is performed after depositing the cap layer 393, as shown in drawing 45 (b). By heat treatment, the mixture layer 92 of Si and germanium to which the ion implantation of the SiC substrate 301 and the dopant element was carried out reacts, and it is Si $1-x-y$ Cx Gey. A layer 394 is formed. Si $1-x-y$ Cx Gey Since the impurity is doped by high concentration, a layer 394 can reduce ohmic contact resistance.

[0127] in addition, the 16- explained above -- as for heat treatment, in the 26th operation gestalt, it is desirable to perform preferably 500 degrees C - 1000 degrees C at 700 degrees C - 900 degrees C into inert gas ambient atmospheres, such as Ar.

[0128] (The 27th operation gestalt) Drawing 46 is the sectional view having shown the example of a configuration of the schottky diode concerning this operation gestalt. the time of this operation gestalt preparing the guard ring of a conductivity type contrary to a SiC substrate in the perimeter of a shot key electrode -- between a guard ring and electrodes -- enough -- low -- it can be made to perform ohmic contact [****].

[0129] As for a rear-face electrode and 405, in drawing 46 , the doping layer from which in 401 a SiC substrate and 402 become a SiC epitaxial growth phase, and 403 becomes a guard ring, and 404 are [a surface treatment layer (Si $1-x-y$ Cx Gey by which the impurity was doped layer), and 406] surface electrodes.

[0130] The substrate in which the n mold SiC epitaxial growth phase 402 (10 micrometers in thickness) of a light dope was formed was prepared for the n mold SiC substrate 401. SiC has 4H so-called type of structure, and bearing of the field which carried out epitaxial growth is the so-called Si side of a field (001).

[0131] After performing washing processing to the above-mentioned substrate, the oxide film was formed at 1200 degrees C among the oxygen ambient atmosphere. Then, silicon oxide was

Further formed by ordinary pressure CVD, and it is considered as the total 1 micrometer oxide film. Then, the pattern which carries out patterning of this oxide film, and does not have an oxide film in a predetermined location was formed. The 10^{19}cm^{-3} ion implantation of the boron ion was carried out at 1000 degrees C to the substrate with which this oxide film was formed. Then, the boron which performed annealing and was doped was activated at 1500 degrees C, and the doping layer 403 of p mold was formed in the part without an oxide film. After removing an oxide film on the back, 1 micrometer of nickel was vapor-deposited as a rear-face electrode 404, it annealed at 950 more degrees C, and ohmic nature with a substrate was secured in the rear face.

[0132] Next, after washing doping layer 403 front face of p mold by acid treatment, as the ion implantation of the germanium was carried out and it was shown in drawing 46 (b) and (the enlarged drawing of drawing 46 (a)), the surface-preparation layer 405 ($\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x$ Gey by which boron was doped layer) was formed. In the surface treatment layer 405, germanium contains by three or more $[1 \times 10^{21}\text{cm}^{-3}]$ concentration. Then, all the oxide films were removed, 1 micrometer of Ti was vapor-deposited as a surface electrode 406, and patterning was performed. Furthermore, annealing was performed at 400 degrees C and structure as shown in drawing 46 was created.

[0133] Thus, by the created sample, p mold doping layer and the surface electrode 406 which the SiC epitaxial growth phase 402 and a surface electrode 406 are Schottky contact, and serve as a guard ring had become ohmic contact according to an operation of the surface treatment layer 405. the contact resistance of an ohmic surface of action $\sim 2 \times 10^{-4}\text{ohmcm}^2$ it was. This is because the front face was amorphous by the ion implantation of germanium and ohmic nature also with about 400-degree C good low-temperature annealing was obtained.

[0134] In addition, the exposure front face of a substrate was again oxidized before the ion implantation of boron, or it formed the about 50nm thin oxide film, germanium was vapor-deposited on the substrate front face, the film was formed, and the sample which performed the ion implantation of germanium like the account of Gokami was also created. in this case, contact resistance $\sim 1 \times 10^{-4}\text{ohmcm}^2$ it is \sim ohmic nature has been improved further.

[0135] Moreover, the sample which used n mold doping layer for the guard ring was also created, using SiC of p mold as a SiC substrate 401. What carried out the ion implantation of germanium or the Si was used for the surface treatment layer 405. Resistance in an ohmic part is 10^{-5}ohmcm^2 . It is the value of a base and ohmic contact has been secured. In what carried out the ion implantation of the Si, silicide-ization arises between electrodes and it is considered because ohmic nature became is easy to be obtained.

[0136] (The 28th operation gestalt) Drawing 47 is the sectional view having shown the example of a configuration of the Schottky barrier diode concerning the 28th operation gestalt of this invention.

[0137] The n mold SiC epitaxial layer 501 is formed on the n mold SiC substrate 500, the p mold SiC layer 502 is formed in the predetermined field on the SiC epitaxial layer 501, and the shot key electrode 503 is formed on the SiC epitaxial layer 501 inserted into the p mold SiC layer 502. The p mold SiC layer 502 and the front face of the shot key electrode 503 are covered by the polish recon 504, and the ohmic electrode 505 is formed on the n mold SiC substrate 500 rear face.

[0138] The hydrogen of predetermined concentration is contained in the SiC epitaxial layer 501. Acceptor level and donor level of SiC are deep, the trap of the carrier is carried out to the deep level which a non-dopant impurity makes in many cases, and it has the problem that a component property falls. By making hydrogen contain, the deep level which a non-dopant impurity makes can be compensated, carrier concentration and carrier mobility rise, and improvement in the electrical characteristics of a Schottky barrier diode can be aimed at.

[0139] Moreover, if hydrogen is contained also in the p mold SiC layer 502, since the effectiveness which inactivates a residual donor will also be acquired, the carrier concentration of the p mold SiC can rise further, and leakage current can also be reduced.

[0140] SiC in which hydrogen was contained can produce dopant ion and a hydrogen ion on a front face coincidence or by carrying out an ion implantation separately or mixing hydrogen at

the time of crystal growth. As for hydrogen concentration, it is desirable that it is three or less [$1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$], and it is desirable that it is three or more [$1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$].

[0141] (The 29th operation gestalt) Drawing 48 is the sectional view having shown the example of a configuration of the Schottky barrier diode concerning the 29th operation gestalt of this invention.

[0142] The n mold SiC epitaxial layer 511 is formed on the n mold SiC substrate 510, and silicon oxide 512 is formed in the predetermined field on the SiC epitaxial layer 511. The upper part of the SiC epitaxial layer 511 in which silicon oxide 512 was formed is covered with the shot key electrode 513, and the ohmic electrode 514 is formed on the n mold SiC substrate 510 rear face.

[0143] The oxygen of predetermined concentration is contained in the n mold SiC substrate 510 and the SiC epitaxial layer 511. SiC has many crystal defects resulting from a hole etc., and by making oxygen contain, a defect can be made to ease, carrier concentration and carrier mobility rise, and it can aim at improvement in the electrical characteristics of a Schottky barrier diode.

[0144] SiC in which oxygen was contained can produce dopant ion and oxygen ion on a front face coincidence or by carrying out an ion implantation separately or mixing oxygen at the time of crystal growth. As for an oxygen density, it is desirable that it is three or less [$1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$], and it is desirable that it is three or more [$1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$].

[0145] In addition, although the above 28th and the operation gestalt of 29 explained the Schottky barrier diode to the example, it is applicable to other SiC semiconductor devices, such as a rectifying device, a switching element, etc. using SiC.

[0146] Moreover, SiC with all the crystal structures, such as 2H, 4H, 6H, and 3C, is applied to SiC shown with each above-mentioned operation gestalt.

[0147] As mentioned above, although the operation gestalt of this invention was explained, it is possible for this invention to deform within limits which are not limited to these operation gestalten and do not deviate from the meaning variously, and to carry out.

[0148]

[Effect of the Invention] According to this invention, in the semiconductor device using SiC, low resistance-ization can be achieved by making an electrode field into predetermined structure. Moreover, the fall of carrier concentration or carrier mobility can be controlled by making SiC contain oxygen and hydrogen. Therefore, according to this invention, it becomes possible to obtain the semiconductor device of high performance.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

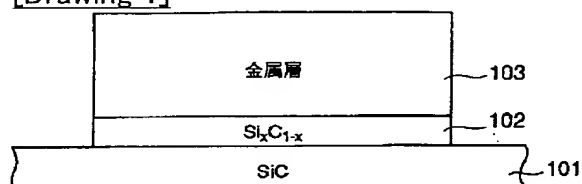
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

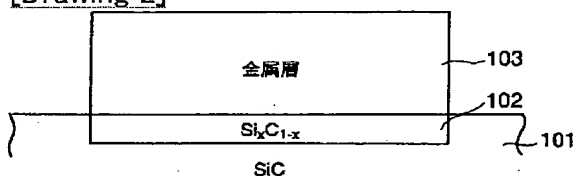
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

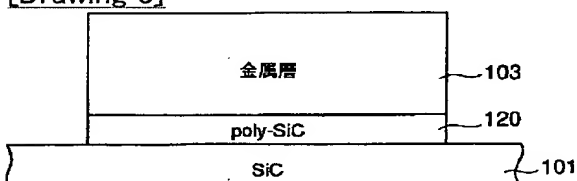
[Drawing 1]



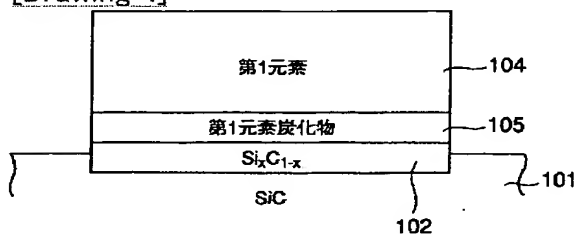
[Drawing 2]



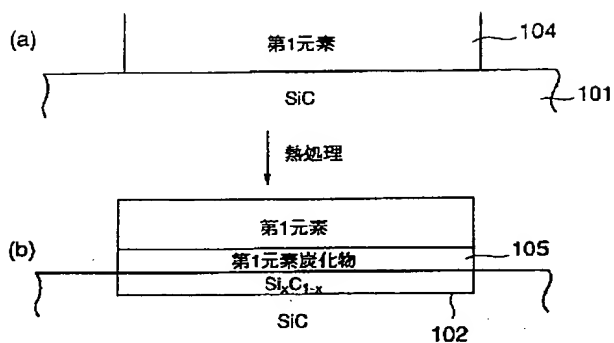
[Drawing 3]



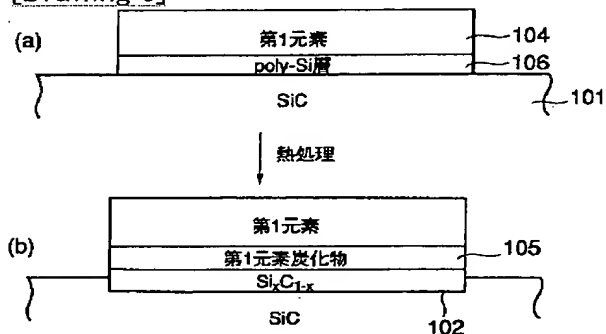
[Drawing 4]



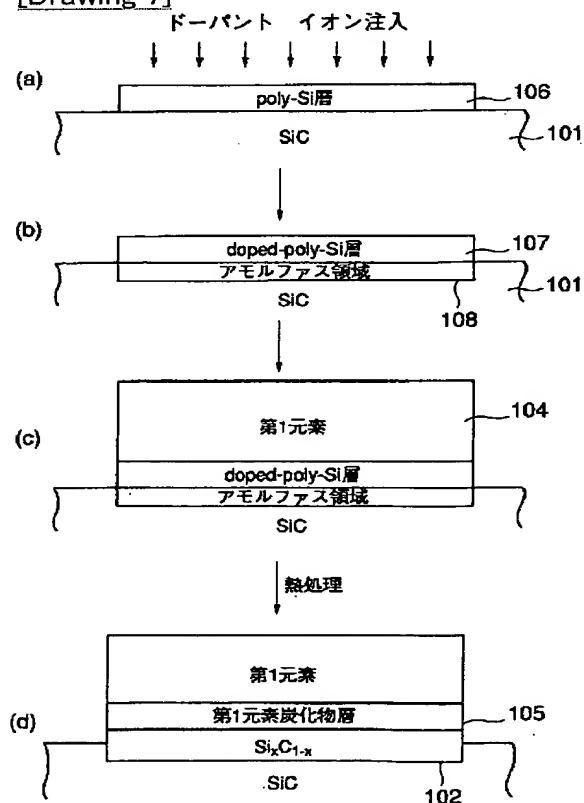
[Drawing 5]



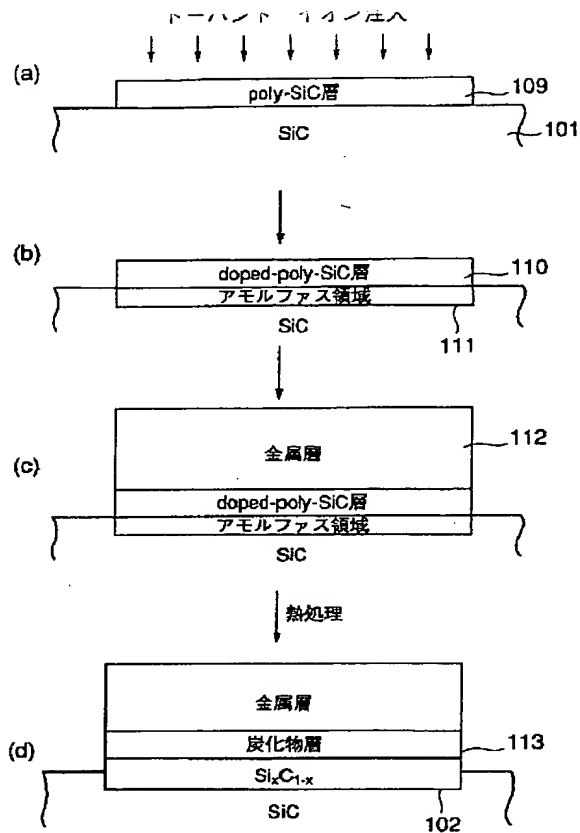
[Drawing 6]



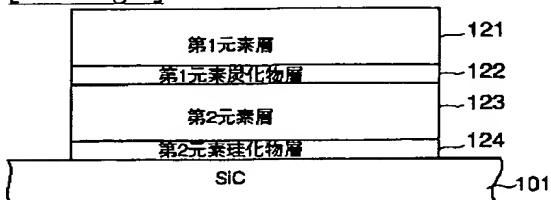
[Drawing 7]



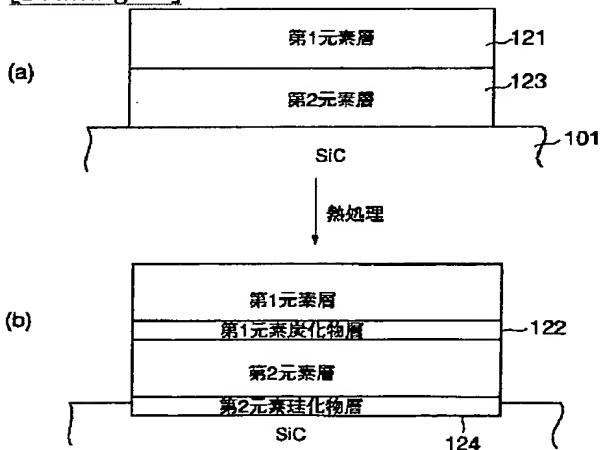
[Drawing 8]



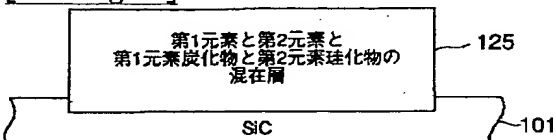
[Drawing 9]



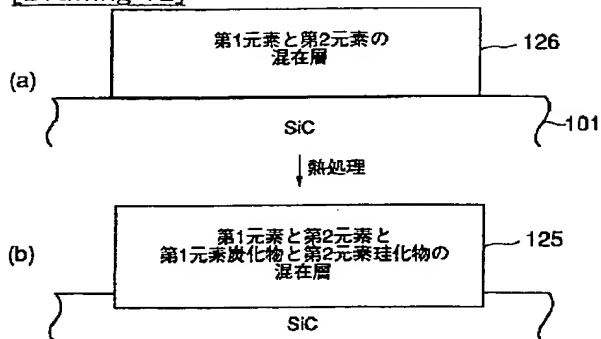
[Drawing 10]



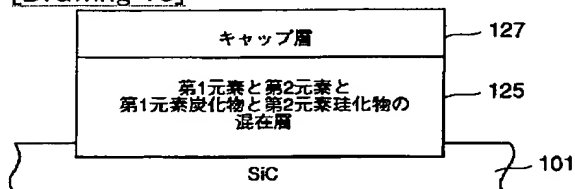
[Drawing 11]



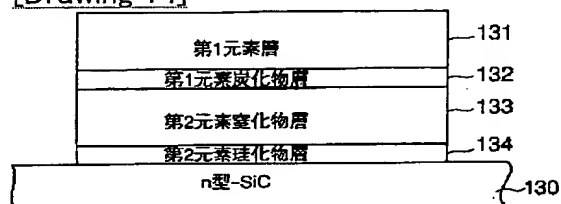
[Drawing 12]



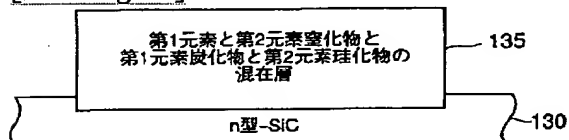
[Drawing 13]



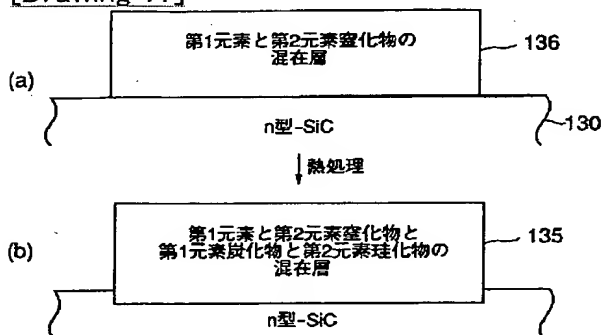
[Drawing 14]



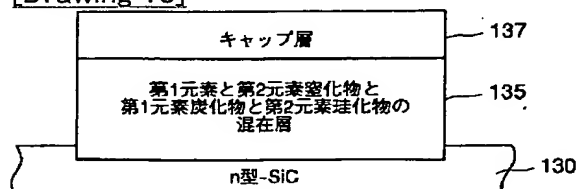
[Drawing 16]



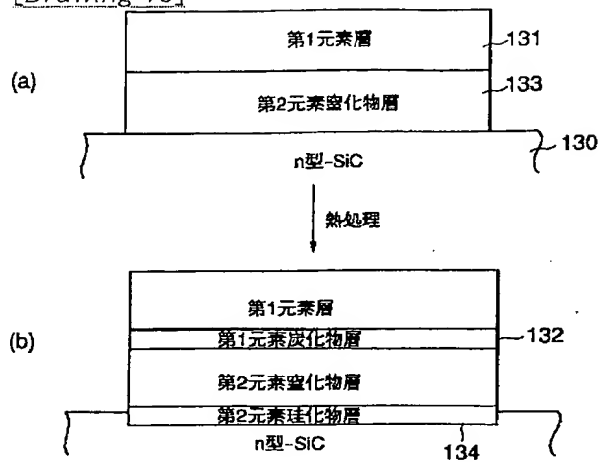
[Drawing 17]



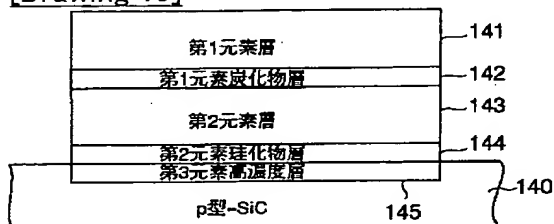
[Drawing 18]



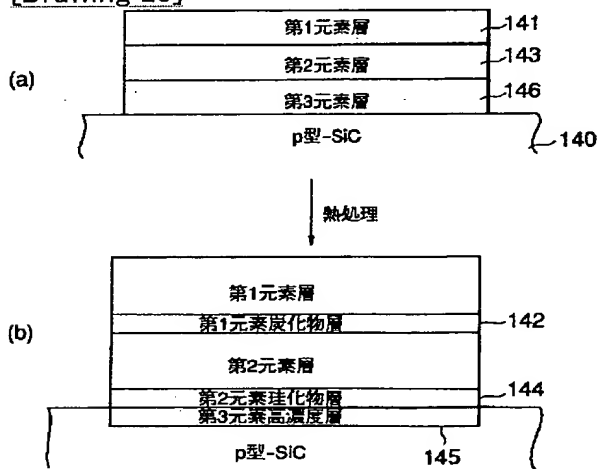
[Drawing 15]



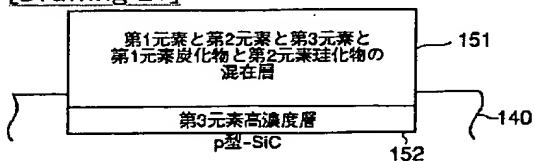
[Drawing 19]



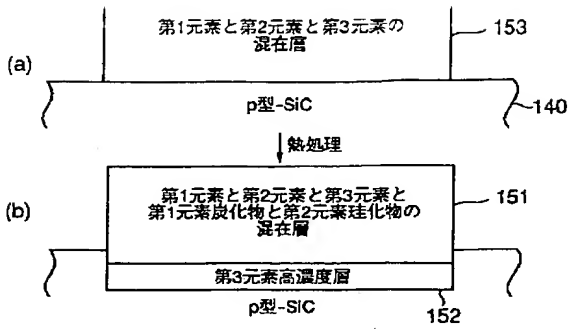
[Drawing 20]



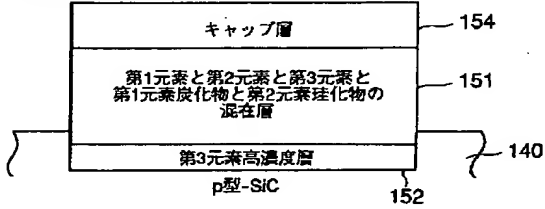
[Drawing 21]



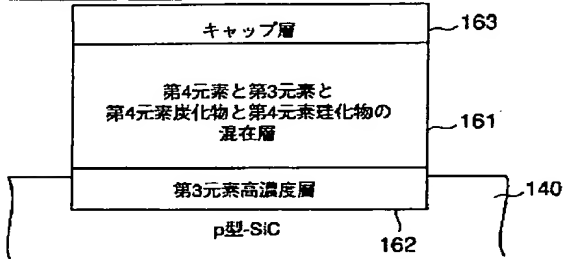
[Drawing 22]



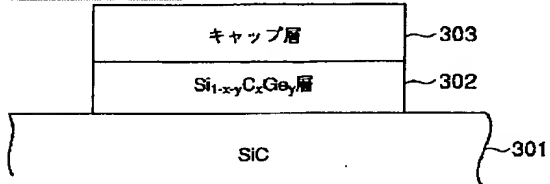
[Drawing 23]



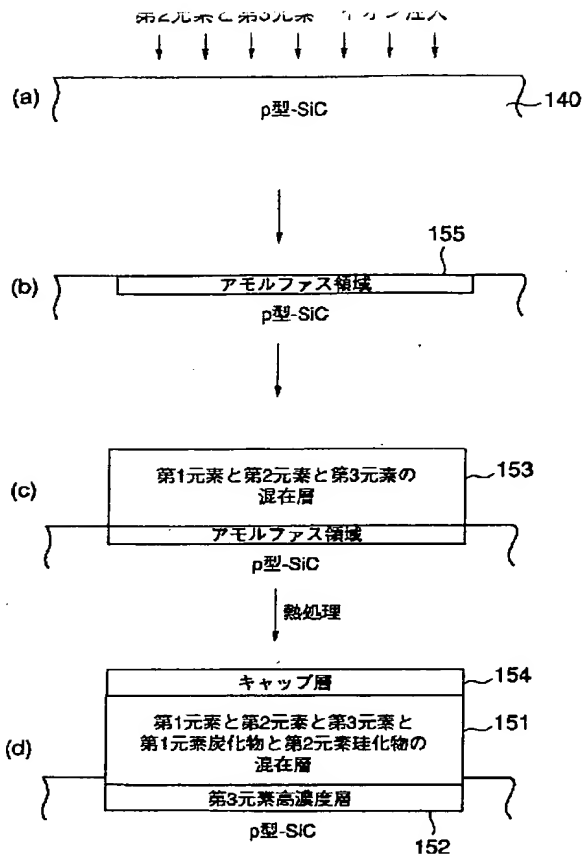
[Drawing 25]



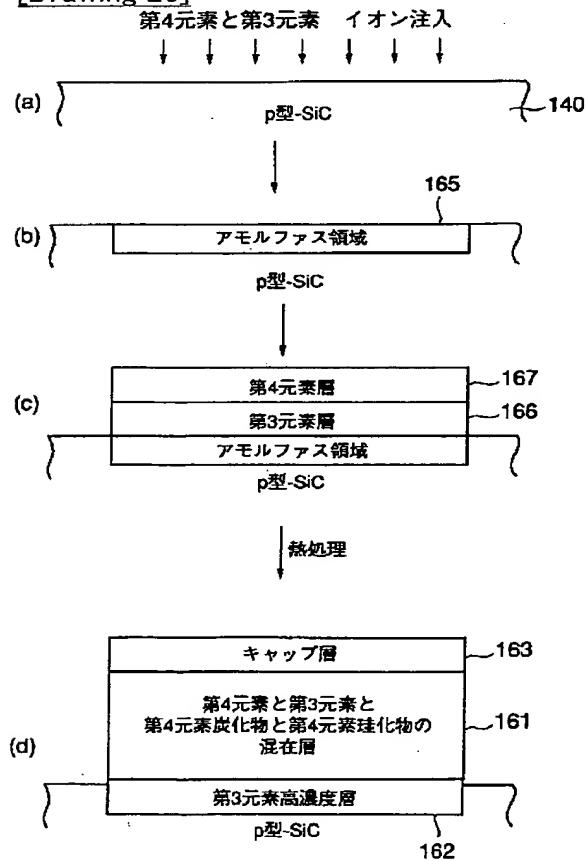
[Drawing 31]



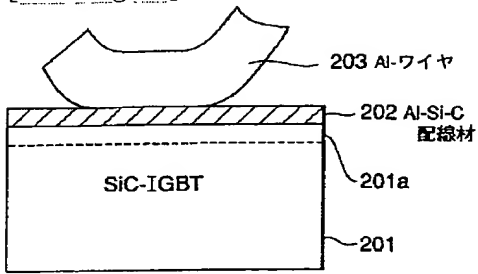
[Drawing 24]



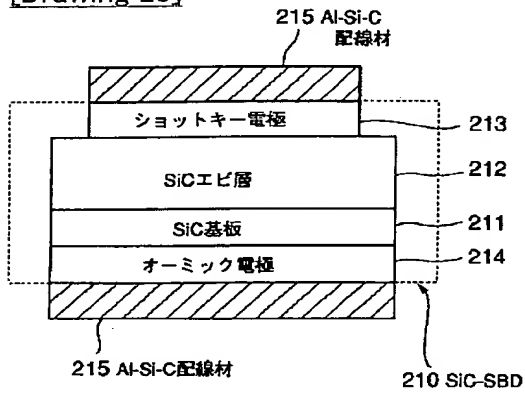
[Drawing 26]



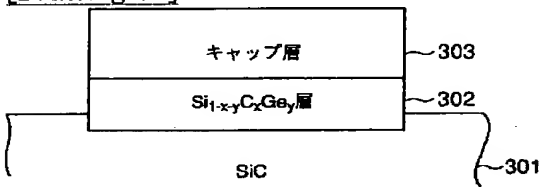
[Drawing 27]



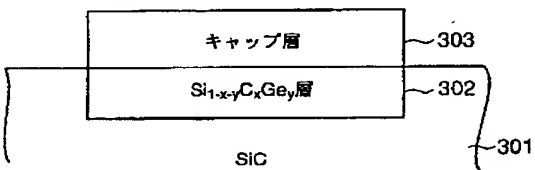
[Drawing 28]



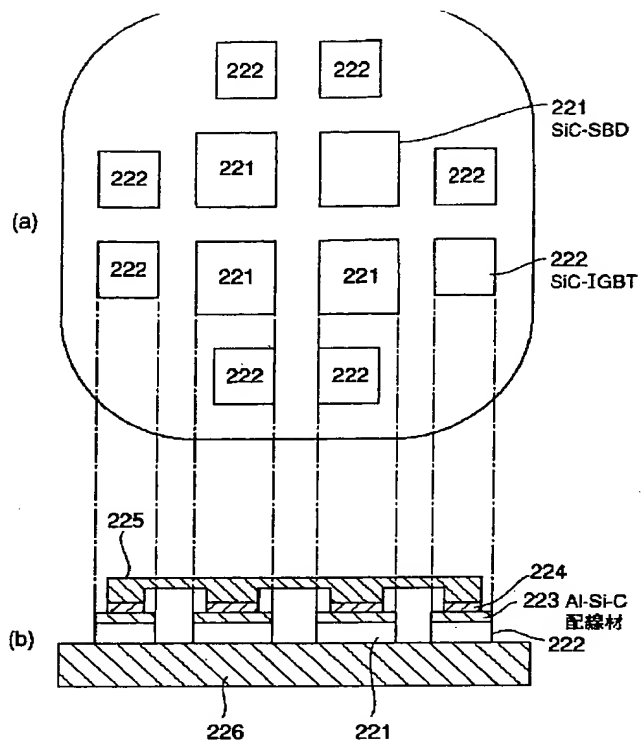
[Drawing 32]



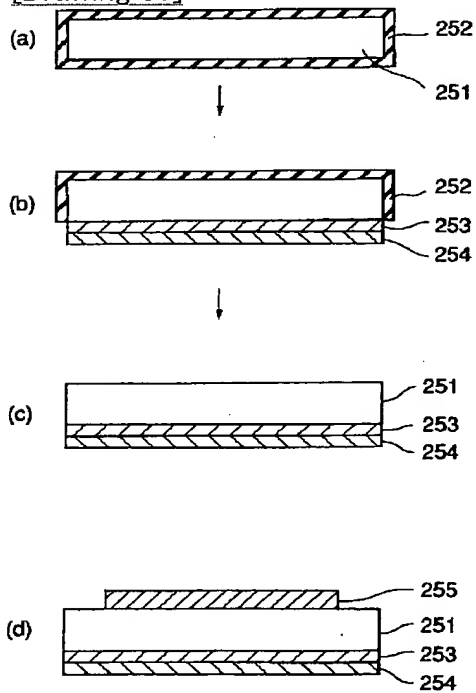
[Drawing 33]



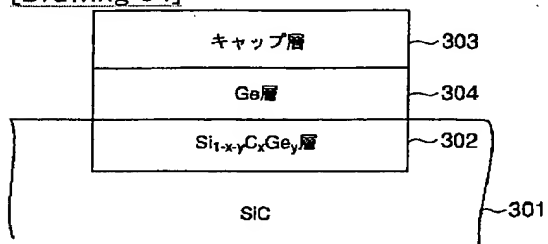
[Drawing 29]



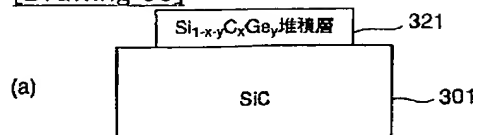
[Drawing 30]



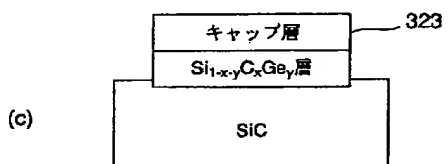
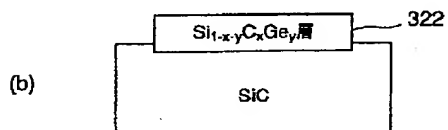
[Drawing 34]



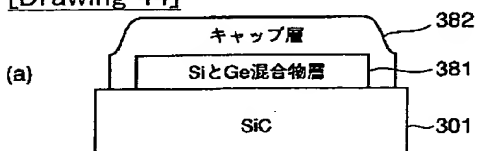
[Drawing 35]



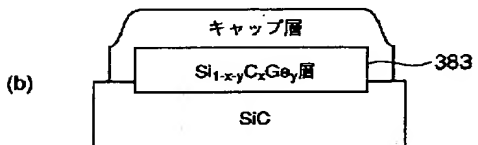
熱処理



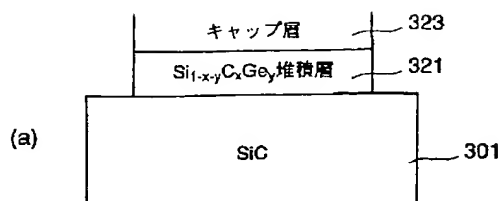
[Drawing 44]



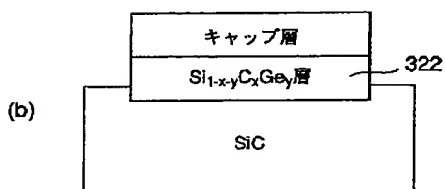
熱処理



[Drawing 36]



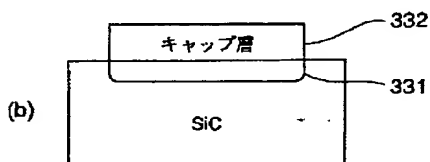
↓ 熱処理



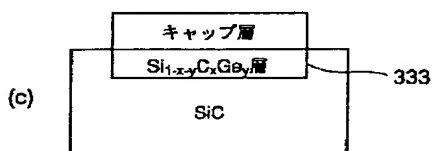
[Drawing 37]



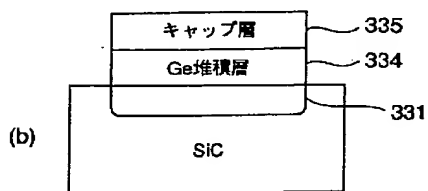
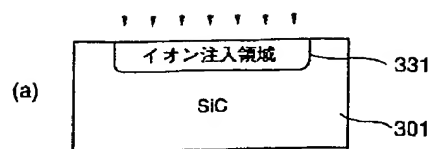
↓



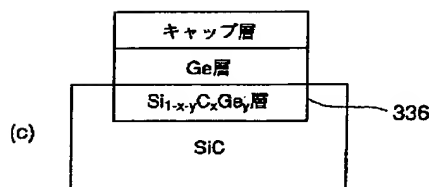
↓ 熱処理



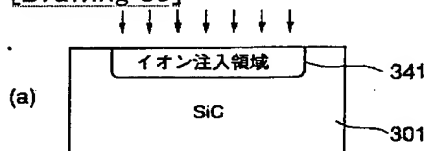
[Drawing 38]



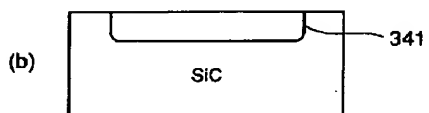
↓ 熱処理



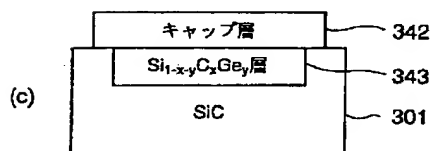
[Drawing 39]



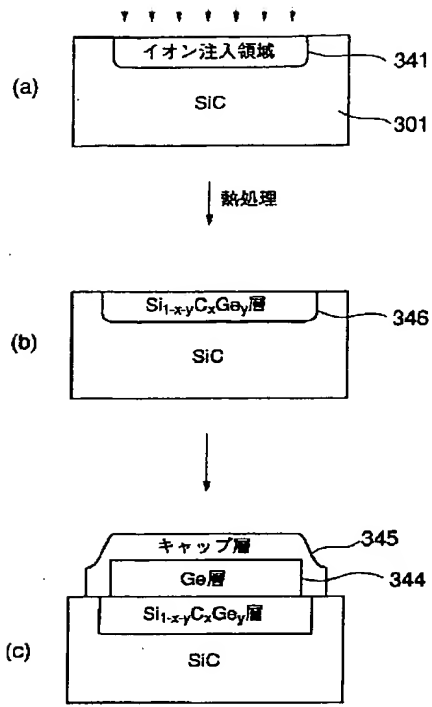
↓



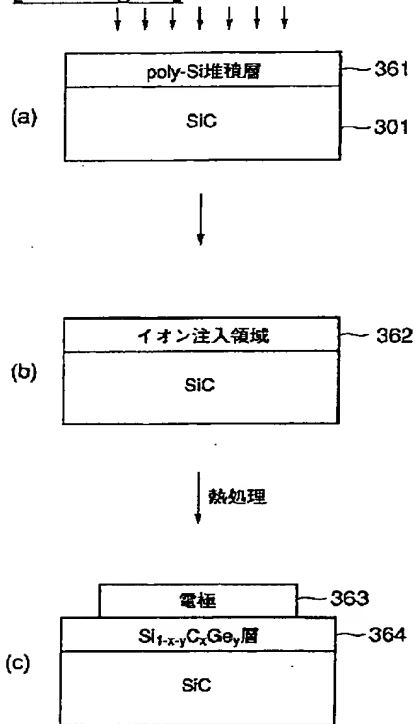
↓ 熱処理



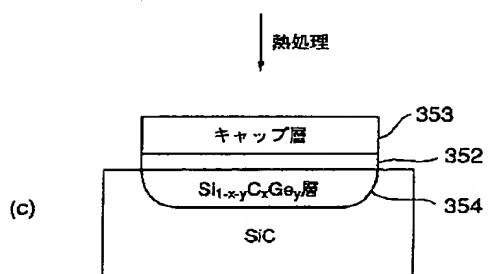
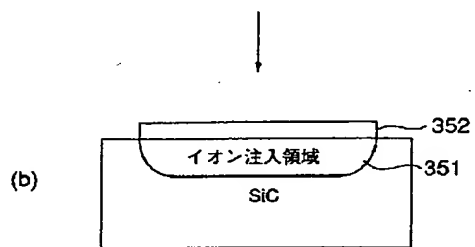
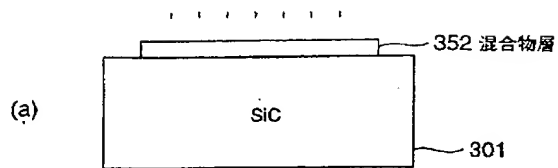
[Drawing 40]



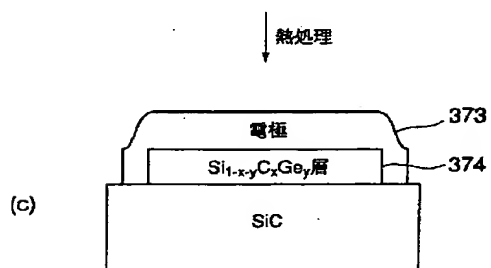
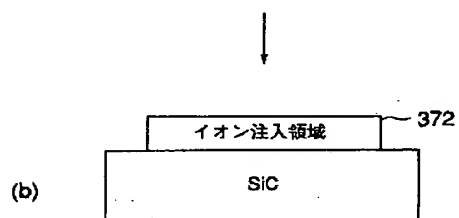
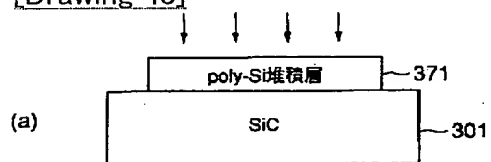
[Drawing 42]



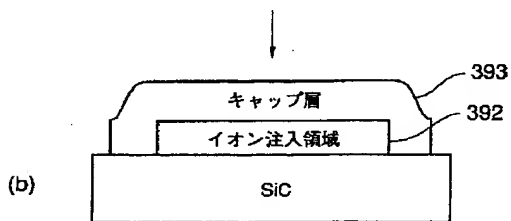
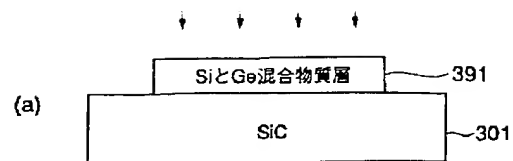
[Drawing 41]



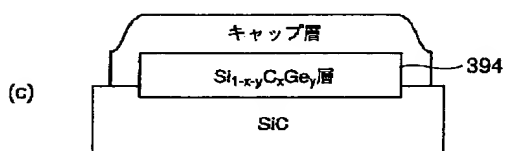
[Drawing 43]



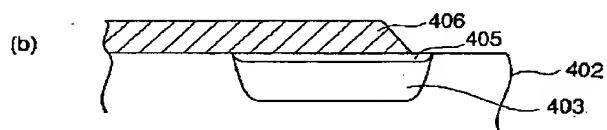
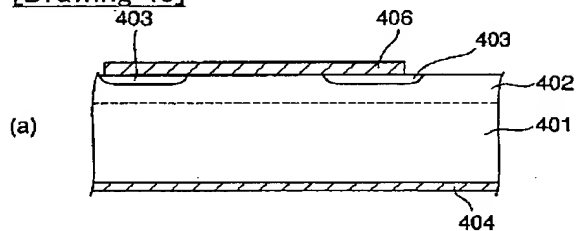
[Drawing 45]



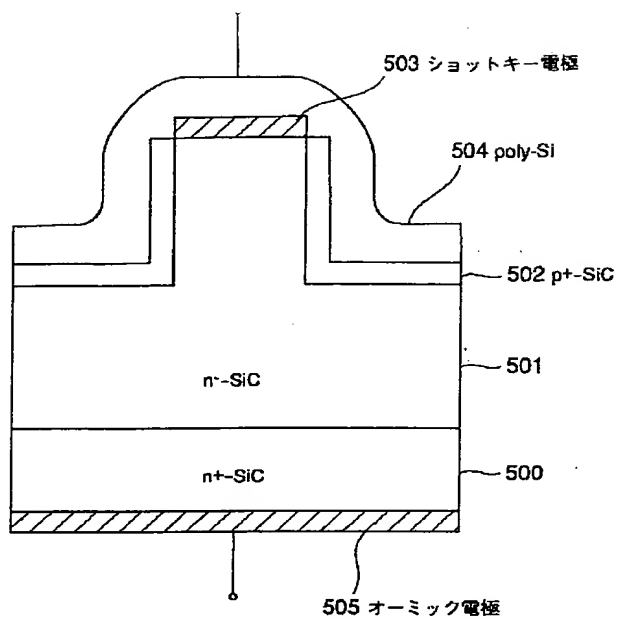
熱処理



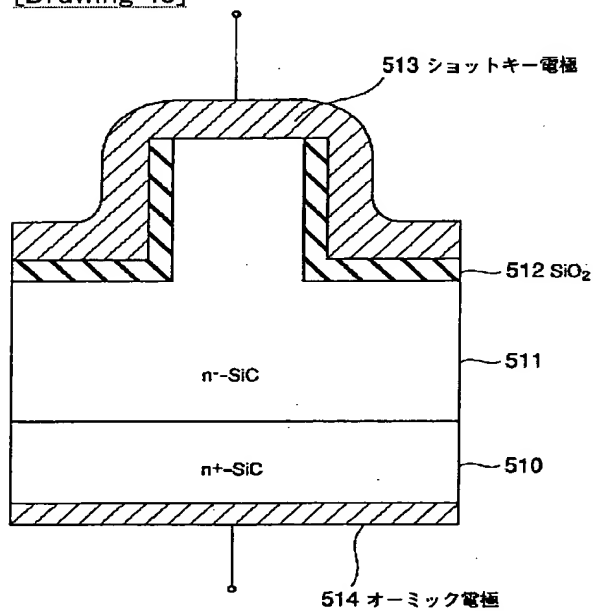
[Drawing 46]



[Drawing 47]



[Drawing 48]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-101099

(P2000-101099A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 29/872

識別記号

F I

H 0 1 L 29/48

テマコード* (参考)

D 4 M 1 0 4

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平10-263506

(22) 出願日 平成10年9月17日 (1998. 9. 17)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 小林 節子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 四戸 孝

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

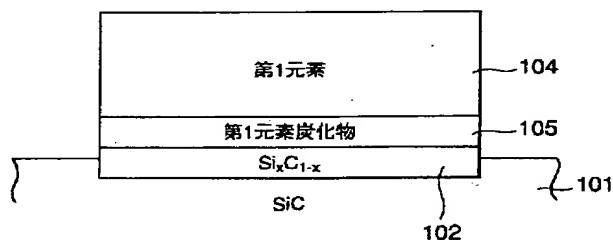
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 SiCを用いた半導体装置において、オーミック電極領域での低抵抗化をはかる。

【解決手段】 SiC領域101とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置において、電極領域は $x > 0.5$ である $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102と炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層105とを含んで構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は $x > 0.5$ である $Si_x C_{1-x}$ 層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は $x > 0.5$ である $Si_x C_{1-x}$ 層及び炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は不純物がドーピングされたSiC層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域が混在した層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】 n型SiC領域とこのn型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層及び第2の元素の窒化物からなる層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域及び第2の元素の窒化物の領域が混在した層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項6】 p型SiC領域とこのp型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層及び2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域が混在した層並びに2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項7】 p型SiC領域とこのp型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成

エンタルピーが負の値を持つ第4の元素の炭化物からなる層、第4の元素の珪化物からなる層及び2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第4の元素の炭化物の領域及び第4の元素の珪化物の領域が混在した層並びに2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項8】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極部とこの電極部上に形成された配線部とを有する半導体装置であって、前記配線部に用いる材料は所定の金属に珪素及び炭素が含有されたものであることを特徴とする半導体装置。

【請求項9】 前記所定の金属には該金属に対する固溶限界以上の濃度で珪素及び炭素が含有されていることを特徴とする請求項8に記載の半導体装置。

【請求項10】 SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域はGe濃度が 10^{21} cm^{-3} 以上である $Si_{1-x-y} C_x Ge_y$ 層を含んで構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項11】 第1導電型のSiC領域と、この第1導電型のSiC領域にショットキー接合された電極部と、この電極部の外周部に対応する領域において該電極部と前記第1導電型のSiC領域とに挟まれた第2導電型のSiC領域とを有する半導体装置であって、前記電極部と前記第2導電型のSiC領域の境界部にGe濃度が 10^{21} cm^{-3} 以上の $Si_{1-x-y} C_x Ge_y$ 層が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項12】 酸素或いは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下の水素を含有するSiC領域を有することを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置、特にSiCを用いた半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、ショットキーダイオード等に用いるSiCのオーミック電極としてはNiが広く用いられている。しかし、NiはSiC中のシリコンと反応して珪化物を形成し、余った炭素が電極表面やSiCと電極との界面に偏析し、オーミック電極の高抵抗化や劣化を起こすといった問題がある。また、オーミック電極表面に炭素が析出すると、オーミック電極表面上に配線部を形成した際に電極部や配線部の劣化や高抵抗化を起こすことになる。

【0003】 また、SiCを用いたショットキーダイオードでは、逆方向電圧での耐圧を得るために、ショットキー電極の周辺部にSiC基板とは逆の導電型のガードリングを設けている。しかしながら、ショットキー接合

を得るためのショットキー電極及びオーミック接触が必要なガードリング用の電極を同一の電極材で形成する場合、ショットキー接合は得られても十分なオーミック接触が得られないという問題がある。

【0004】一方、SiCは、不純物を作る深い準位にキャリアがトラップされることが多いためキャリア濃度が低下するといった問題や、空孔等に起因する結晶欠陥が多いためキャリア移動度が低下して素子の電気的特性を低下させるといった問題もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように、SiCを用いた半導体装置では、炭素の析出等によりオーミック電極領域等での抵抗が高くなるという問題があった。また、SiCはトラップや結晶欠陥に起因して、キャリア濃度やキャリア移動度が低下しやすいといった問題もあった。

【0006】本発明は上記従来の課題に対してなされたものであり、SiCを用いた半導体装置において、オーミック電極領域等での低抵抗化をはかることを第1の目的とし、SiCのキャリア濃度やキャリア移動度を向上

させることを第2の目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0008】 $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層は、SiC（本明細書において単にSiCと記載したものは、特に断らない限り、通常は $\text{Si}_{0.5}\text{C}_{0.5}$ を指すものとする）に比べてバンドギャップが狭い。したがって、本発明によれば、 $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層を設けることにより、その上に金属層等を形成したときに金属／半導体界面におけるエネルギーバリアハイトを低くすることができ、オーミック接触抵抗を低減することができる。

【0009】また本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層及び炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0010】本発明では、第1の元素の炭化物生成エンタルピーが負の値であるため、SiC領域の炭素と第1の元素が反応して第1の元素の炭化物が形成されるとともに、 $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層が形成される。この $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層により、先の発明と同様、オーミック接触抵抗を低減することができる。また、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の作用により、炭素の析出によって生じる電極の高抵抗化や劣化といった問題を防止することができる。

【0011】また本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は不純物が高濃度ドーピングされたSiC層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0012】本発明によれば、高濃度ドーピングされたSiC層を設けることにより、その上に金属層等を形成したときに、キャリアがSiC領域／金属層界面をトンネリングすることができ、オーミック接触抵抗を低減することができる。なお、ここでいうSiC層には、 $\text{Si}_{0.5}\text{C}_{0.5}$ 層の他に、 $x > 0.5$ である $\text{Si}_{1-x}\text{C}_x$ 層も含まれる。

【0013】また本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域が混在した層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0014】本発明では、第2の元素の珪化物生成エンタルピーが負の値であるため、SiC領域の珪素と第2の元素が反応して第2の元素の珪化物が形成され、この第2の元素の珪化物によってSiC領域に対する良好なオーミック接触が得られる。また、第1の元素の炭化物生成エンタルピーが負の値であるため、SiC領域の炭素と第1の元素が反応して第1の元素の炭化物が形成され易く、珪化物生成に伴う炭素の析出によって生じる電極の高抵抗化や劣化といった問題を防止することができる。

【0015】また本発明は、n型SiC領域とこのn型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層及び第2の元素の窒化物からなる層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域及び第2の元素の窒化物の領域が混在した層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0016】本発明では、先の発明と同様、第2の元素の珪化物によって良好なオーミック接触が得られ、かつ、第1の元素の炭化物が形成されることによって炭素の析出が抑制できるといった効果の他、第2の元素の窒化物の作用により、n型SiC領域のn型ドーパントである窒素がn型SiC領域から引き出されることが防止され、ドーピング濃度の低下を防止することができ、オーミック接触抵抗を低減できるといった効果が得られ

る。

【0017】また本発明は、p型SiC領域とこのp型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物からなる層、珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物からなる層及び2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピーが負の値を持つ第1の元素の炭化物の領域及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第2の元素の珪化物の領域が混在した層並びに2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0018】本発明でも、先の発明と同様、第2の元素の珪化物によって良好なオーミック接触が得られ、かつ、第1の元素の炭化物が形成されることによって炭素の析出が抑制できるといった効果の他、第3の元素を含む層（通常は、第3の元素が不純物としてドーピングされたSiC（ $\text{Si}_{0.5}\text{C}_{0.5}$ 或いは $x > 0.5$ の $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ ）からなる）をキャリアがトンネリングすることができるため、オーミック接触抵抗を低減できるといった効果が得られる。

【0019】また本発明は、p型SiC領域とこのp型SiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域は、炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第4の元素の炭化物からなる層、第4の元素の珪化物からなる層及び2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されている、或いは、炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成エンタルピーが負の値を持つ第4の元素の炭化物の領域及び第4の元素の珪化物の領域が混在した層並びに2族又は3族の第3の元素を含む層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0020】本発明では、第4の元素の炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成エンタルピーがいずれも負であり、先の発明における第1の元素及び第2の元素が同一の元素となる場合である。したがって、先の発明と同様、第4の元素の珪化物によって良好なオーミック接触が得られ、かつ、第4の元素の炭化物が形成されることによって炭素の析出が抑制できるといった効果、さらには、第3の元素を含む層をキャリアがトンネリングすることによりオーミック接触抵抗を低減できるといった効果が得られる。

【0021】また本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極部とこの電極部上に形成された配線部とを有する半導体装置であって、前記配線部に用いる材料は所定の金属に珪素及び炭素が含有されたものであることを特徴とする。

【0022】前記所定の金属には該金属に対する固溶限界以上の濃度で珪素及び炭素が含有されていることが好ましい。

【0023】本発明によれば、配線部の金属に対して珪素の他に炭素が含有されているため、SiC領域からの炭素の析出によって引き起こされる電極部や配線部の劣化や高抵抗化を防止することができる。

【0024】また本発明は、SiC領域とこのSiC領域上に形成された電極領域とを有する半導体装置であって、前記電極領域はGe濃度が 10^{21}cm^{-3} 以上である $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層を含んで構成されていることを特徴とする。

【0025】 $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ はSiCに比べてバンドギャップが狭い。したがって、本発明によれば、 $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層を設けることにより、その上に金属層等を形成したときに金属/半導体界面におけるエネルギーバリアハイトを低くすることができ、オーミック接触抵抗を低減することができる。 $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層には不純物となる元素がドーピングされていてもよい。Geと不純物をイオン注入等でアモルファス化させて導入することにより、不純物のドーピング濃度を飛躍的に向上させることができ、より一層低抵抗化をはかることができる。なお、上記xの範囲は $0 < x \leq 0.5$ であることが好ましく、yの範囲は $0 < y \leq 0.3$ であることが好ましい。

【0026】また本発明は、第1導電型のSiC領域と、この第1導電型のSiC領域にショットキー接合された電極部と、この電極部の外周部に対応する領域において該電極部と前記第1導電型のSiC領域とに挟まれた第2導電型のSiC領域とを有する半導体装置であって、前記電極部と前記第2導電型のSiC領域の境界部にGe濃度が 10^{21}cm^{-3} 以上の $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層が形成されていることを特徴とする。

【0027】本発明では、電極部とガードリングとなる第2導電型のSiC領域の境界部に所定のGe濃度の $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層（ $0 < x \leq 0.5$ 、 $0 < y \leq 0.3$ であることが好ましい）が形成されているので、電極部とガードリングとの間で十分に低抵抗なオーミック接触を得ることができる。

【0028】また本発明に係る半導体装置は、酸素或いは $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以下の水素を含有するSiC領域を有することを特徴とする。なお、酸素濃度についても $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。

【0029】本発明では、SiCに水素を含有させることにより非ドーパント不純物の作る深い準位を補償することができ、また、SiCに酸素を含有させることにより結晶欠陥を緩和させることができるため、キャリア濃度及びキャリア移動度を上昇させることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0031】（第1実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。

図1に示すように、SiC基板101上に $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102と金属層103が層状に形成されている。

【0032】 $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層は $x>0.5$ となっており、バンドギャップがSiCより狭くなっている。また、SiC/ $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 界面から金属層方向に向かってSiの割合が連続的に増加しており、金属層方向に向かってバンドギャップが連続的に狭くなっている。したがって、半導体/金属界面のエネルギーバリアが低く、オーミック接触抵抗が低減できる。また、SiC基板101上に $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102を形成することにより上層側との密着性を向上させることも可能となる。

【0033】図2は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。電極構造の基本的な構成は、図1に示した例と同様である。図1の例と異なるのは、 $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102がSiC基板101に埋もれている点である。電極の作製方法によっては、本例のように $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102の位置が変わることがあるが、図1の例と同様の効果を奏することができる。

【0034】(第2実施形態)図3は、本発明の第2の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図3に示すように、SiC基板101上にポリSiC層120と金属層103が層状に形成されている。

【0035】ポリSiC層120は、SiC基板101と同じ導電型となるように不純物がドーピングされており、ポリSiC層120のドーピング濃度は 10^{18}cm^{-3} 以上となっている。高濃度にドーピングされたポリSiC層120をSiC基板101と金属層103との間に挟むことによって、キャリアはSiC基板101/金属層103界面をトンネリングするため、オーミック接触抵抗を低減することができる。また、SiC基板101上にポリSiC層120を形成することにより上層側との密着性を向上させることも可能となる。

【0036】(第3実施形態)図4は、本発明の第3の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図4に示すように、SiC基板101上に $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102、第1元素炭化物層105及び第1元素層(金属層)104が層状に形成されている。

【0037】第1元素には、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素を用い、具体的には、Ta, Zr, Nb, Ti, Th, Be, V, Cr, Al, B, Ce, W, Mn, Ca等の中から選択される。

【0038】第1の実施形態と同様、 $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層は $x>0.5$ となっており、SiC/ $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 界面から上層側に向かってSiの割合が増加しているため、オーミック接触抵抗することが低減できる。また、SiC基板101上に $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102を形成するため密着性を向上させることができる。

【0039】図5は、図4に示したような構成を有する電極構造を作製するための製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0040】図5(a)に示すように、SiC基板101上に第1元素層104を層状に形成した後、熱処理を行って図5(b)に示すような構造を作製する。第1元素は炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であるため、SiC基板101中の炭素と反応し、第1元素炭化物層105が形成される。その際、SiC基板101表面からは炭素が抜けるので、Siリッチな領域である $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102が形成される。このように、本例ではSiC基板101中の炭素は第1元素と反応するので、炭素が析出するという問題は起らない。

【0041】図6は、図4に示したような構成を有する電極構造を作製するための製造方法の他の例を示した工程断面図である。

【0042】図6(a)に示すように、SiC基板101上にポリSi層106と第1元素層104を層状に形成した後、熱処理を行う。第1元素は炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であるため、SiC基板101中の炭素と反応し、図6(b)に示すように、第1元素炭化物層105が形成される。また、SiC基板101中の炭素はポリSi層106とも反応し、さらにSiC基板101表面からは炭素が抜けるため、Siリッチな $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102が形成される。なお、ポリSi層106にSiC基板101と同じ導電型となるように不純物が高濃度でドーピングされていれば、さらにオーミック接触抵抗を低減することが可能である。

【0043】図7は、図4に示したような構成を有する電極構造を作製するための製造方法の他の例を示した工程断面図である。

【0044】図7(a)に示すように、SiC基板101上にポリSi層106を層状に形成した後、ポリSi層106上にドーパントをイオン注入する。SiC基板101とポリSi層106は同じ導電型であり、イオン注入されるドーパント元素は、SiC基板101がn型であれば5族元素、具体的にはN, P, As, Sb, Biから選ばれる1つ以上の元素であり、SiC基板101がp型であれば3族元素或いは2族元素、具体的にはB, Al, Ga, In, Tl, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Raから選ばれる1つ以上の元素である。イオン注入により、図7(b)に示すように、ポリSi層106はドーフトポリSi層107となり、ドーフトポリSi層107の下にSiC基板101もイオン注入されてアモルファス領域108となる。

【0045】次に、図7(c)に示すように、ドーフトポリSi層107上に第1元素層104を形成し、熱処理を行う。第1元素は炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であるため、図7(d)に示すように、第1元素炭化物層105が形成され、ドーフトポリSi層107も炭素と反応して $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102が形成される。アモルファス領域は熱処理によって再結晶化する

が、アモルファス化したSiCが熱処理によって再結晶化するとき3C-SiC結晶構造になりやすいというSiCの特質があるので、 $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102の結晶構造は3Cの比率が多くなる。3C-SiCは4H-SiCや6H-SiCに比べてバンドギャップが狭いため、よりオーミック接触抵抗の低減をはかることができる。

【0046】(第4実施形態)第8は、本発明の第4の実施形態に係る電極構造の一例及びその製造方法を示した工程断面図である。

【0047】図8(a)に示すように、SiC基板101上にポリSiC層109を層状に形成した後、ポリSiC層109上にドーパントをイオン注入する。SiC基板101とポリSiC層109は同じ導電型である。イオン注入するドーパント元素については、図7において説明したものと同様である。イオン注入により、図8(b)に示すように、ポリSiC層109はドーフトポリSiC層110となり、ドーフトポリSiC層110の下にSiC基板101もイオン注入されてアモルファス領域111となる。

【0048】次に、図8(c)に示すように、ドーフトポリSiC層110上に金属層112を積層した後、熱処理を行う。金属層112を積層する前に熱処理をし、その後に金属層112を積層してもよい。これにより、図8(d)に示すように、炭化物層113が形成され、ドーフトポリSiC層110は再結晶化して $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102が形成される。アモルファス化したSiCが熱処理によって再結晶化するとき3C-SiC結晶構造になりやすいというSiCの特質があるので、 $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ 層102の結晶構造は3Cの比率が多くなる。したがって、図7において説明したのと同様の理由から、オーミック接触抵抗を低減することができる。

【0049】(第5実施形態)図9は、本発明の第5の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図9に示すように、SiC基板101上に第2元素珪化物層124、第2元素層123、第1元素炭化物層122及び第1元素層121が層状に形成されている。

【0050】第1元素は、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、具体的には、Ta, Zr, Nb, Ti, Th, Be, V, Cr, Al, B, Ce, W, Mn, Ca等の中から選択される。第2元素は、珪化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、具体的には、Ca, Ti, Ni, Th, Ta, Co, Mo, Cr, Mn, Nb, Fe, Re等の中から選択される。

【0051】図10は、図9に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図10(a)に示すように、第2元素層123と第1元素層121を層状に形成し、熱処理を行うことにより、図10(b)に示すように、第2元素珪化物層124と第1元素炭化物層122が形成される。

【0052】従来より珪化物がSiC上に形成されることによりオーミック接触が得られることが知られているが、炭化物層が形成されることにより珪化物生成による余剰炭素の偏析が無い場合、オーミック電極のより一層の低抵抗化をはかることができる。

【0053】(第6実施形態)図11は、本発明の第6の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図11に示すように、SiC基板101上に第1元素からなる領域、第2元素からなる領域、第1元素炭化物からなる領域及び第2元素珪化物からなる領域が混在した混在層125が形成されている。

【0054】第1元素は、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。第2元素は、珪化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。

【0055】図12は、図11に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図12(a)に示すように、SiC基板101上に第1元素と第2元素が混在した混在層126を形成し、熱処理を行うことにより、図12(b)に示すように混在層125が形成される。

【0056】本例では、混在層125中の珪化物によりSiCとのオーミック接触が得られる他、混在層125中に炭化物が形成されることにより珪化物生成による余剰炭素の偏析が無い場合、オーミック電極のより一層の低抵抗化をはかることができる。また、本実施形態では第5の実施形態と比較して、1層のみの堆積で済むため製造方法が簡便になる。

【0057】図13は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。すなわち、混在層125上にキャップ層127が形成されている。キャップ層127の材料は、Pt, Au, Pd, Ni等、酸素と反応しにくい金属元素の中から選択されることが望ましい。キャップ層127を形成することにより、電極が空気中の酸素と反応して劣化することを防止することができる。

【0058】(第7実施形態)図14は、本発明の第7の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図14に示すように、n型SiC基板130上に、第2元素珪化物層134、第2元素窒化物層133、第1元素炭化物層132及び第1元素層131が形成されている。

【0059】第1元素は、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。第2元素は、珪化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。

【0060】図15は、図14に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図15(a)に示すように、n型SiC基板130

上に、第2元素窒化物層133と第1元素層131を層状に形成し、熱処理を行うことにより、図15(b)に示すように、第2元素珪化物層134、第1元素炭化物層132が形成される。

【0061】珪化物がSiC上に形成されることによりオーミック接触が得られる他、炭化物層が形成されることにより珪化物生成による余剰炭素の偏析が無いため、オーミック電極のより一層の低抵抗化をはかることができる。また、第2元素窒化物を用いているため、n型SiC中のドーパントである窒素がSiC中から引き出されることがなく、高濃度を保つことができるので、さらにオーミック接触抵抗の低減をはかれる。

【0062】(第8実施形態)図16は、本発明の第8の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図16に示すように、n型SiC基板130上に第1元素からなる領域、第2元素窒化物からなる領域、第1元素炭化物からなる領域及び第2元素珪化物からなる領域が混在した混在層135が形成されている。

【0063】第1元素は、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。第2元素は、珪化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。

【0064】図17は、図16に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図17(a)に示すように、n型SiC基板130上に第1元素と第2元素窒化物が混在した混在層136を形成し、熱処理を行うことにより、図17(b)に示すように混在層135が形成される。

【0065】本例では、混在層135中の珪化物によりSiCとのオーミック接触が得られる他、混在層135中に炭化物が形成されることにより珪化物生成による余剰炭素の偏析が無いため、オーミック電極のより一層の低抵抗化をはかることができる。また、第2元素窒化物により、n型SiC中のドーパントである窒素がSiC基板中から引き出されることがなく、より一層オーミック接触抵抗の低減をはかることができる。また、本実施形態では第7の実施形態と比較して、1層のみの堆積で済むため製造方法が簡便になる。

【0066】図18は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。すなわち、図17で示した混在層135上にキャップ層137が形成されている。キャップ層137の材料及びキャップ層による効果は、図13で示したキャップ層の例と同様である。

【0067】(第9実施形態)図19は、本発明の第9の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図19に示すように、p型SiC基板140上に、SiCに不純物が高濃度にドーパされた第3元素高濃度層145、第2元素珪化物層144、第2元素層143、第1元素炭化物層142及び第1元素層141が形

成されている。

【0068】第1元素は、炭化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。第2元素は、珪化物生成エンタルピーが負の値をもつ元素であり、第5の実施形態と同様の元素が用いられる。第3元素としては、3族元素或いは2族元素が用いられ、具体的には、B, Al, Ga, In, Tl, Sc, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd, Hg等から選択される。

【0069】図20は、図19に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図20(a)に示すように、p型SiC基板140上に第3元素層146、第2元素層143及び第1元素層141が層状を形成し、熱処理を行うことにより、図20(b)に示すように、第3元素高濃度層145、第2元素珪化物層144及び第1元素炭化物層142が形成される。

【0070】本例では、第3元素をドーパントとして含む高濃度層145を形成することにより、この高濃度層145をキャリアがトンネリングするため、オーミック接触抵抗の低減をはかることができる。

【0071】(第10実施形態)図21は、本発明の第10の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図21に示すように、p型SiC基板140上に、SiCに高濃度の不純物がドーパされた第3元素高濃度層152と、第1元素からなる領域、第2元素からなる領域、第3元素からなる領域、1元素炭化物からなる領域及び第2元素珪化物からなる領域が混在した混在層151とが層状に形成されている。第1元素、第2元素及び第3元素には、第9の実施形態と同様の元素が用いられる。

【0072】図22は、図21に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図22(a)に示すように、p型SiC基板140上に第1元素、第2元素及び第3元素が混在した混在層153を形成し、熱処理を行うことにより、図22(b)に示すように、SiCに不純物が高濃度にドーパされた第3元素高濃度層152と混在層151が形成される。

【0073】本例でも、第3元素をドーパントとして含む高濃度層152を形成することにより、第9の実施形態と同様に、オーミック接触抵抗の低減をはかることができる。

【0074】図23は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。すなわち、図22で示した混在層151上にキャップ層154が形成されている。キャップ層154の材料及びキャップ層による効果は、図13で示したキャップ層の例と同様である。

【0075】図24は、図23に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図であ

る。図24(a)に示すように、第2元素と第3元素をp型SiC基板140上にイオン注入し、図24(b)に示すようにアモルファス領域155を形成する。続いて、図24(c)に示すように、第1元素、第2元素及び第3元素の混在層を形成し、さらに熱処理を行って、図24(d)に示すように混在層151を形成する。さらにその上にキャップ層154を積層することにより、電極が空気中の酸素と反応して劣化することを防止する。図24(a)のように、第2元素と第3元素のイオン注入を同時に行うと、第3元素がドーパントとしてp型-SiC140中に導入されるのを促進することができ、オーミック接触抵抗をさらに低下させることができる。

【0076】(第11実施形態)図25は、本発明の第11の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図25に示すように、p型SiC基板140上に、SiCに高濃度の不純物がドーパされた第3元素高濃度層162と、第3元素からなる領域、第4元素からなる領域、第4元素炭化物からなる領域及び第4元素珪化物からなる領域が混在した混在層161が層状に形成されており、さらにキャップ層163が形成されている。

【0077】第4元素は、炭化物生成エンタルピー及び珪化物生成エンタルピーがともに負の値を持つ元素であり、具体的にはTa、Nb、Ti、Th、Cr、Mn、Ca等の中から選択される。第3元素としては、3族元素或いは2族元素が用いられ、具体的には先に示したものと同様である。本例でも、第3元素をドーパントとして含む高濃度層162を形成することにより、オーミック接触抵抗の低減をはかることができる。

【0078】図26は、図25に示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。図26(a)に示すように、第4元素と第3元素をp型SiC基板140上にイオン注入し、図26(b)に示すようにアモルファス領域165を形成する。続いて、図26(c)に示すように、第3元素層166及び第4元素層167を形成し、さらに熱処理を行って、図26(d)に示すように混在層161を形成する。さらにその上にキャップ層163を積層することにより、電極が空気中の酸素と反応して劣化することが防止される。

【0079】なお、以上説明した第1～第11の実施形態において、熱処理はAr等の不活性ガス雰囲気中において500℃～1000℃、好ましくは700℃～900℃で行うことが好ましい。

【0080】(第12実施形態)図27は、本発明の第12の実施形態に係る半導体装置の断面図を示したものである。

【0081】図27に示すように、SiCを用いたIGBT201の電極201a上にAl-Si-C配線材2

02が形成されており、このAl-Si-C配線材202にはAlワイヤ203がボンディングされている。Al-Si-C配線材202は、Al中に固溶限界以上のSi及び固溶限界以上のCが固溶している。Al中のSi濃度は1.5%、C濃度は0.7%程度が望ましい。

【0082】通常Siに対して配線材として用いられるAl-Si合金をSiCに対して用いた場合、SiCから炭素が引き出されるという問題が起る。本例では、SiCデバイス上に形成される配線材として上述したようなAl-Si-Cを用いることにより、Si中の炭素の析出によって引き起こされる電極や配線材の劣化を防ぎ、電極部分や配線部分の抵抗を低減することができる。

【0083】(第13実施形態)図28は本発明の第13の実施形態に係る半導体装置の断面図を示したものである。

【0084】図28に示すように、SiC基板211主表面上にはSiCエピ層212及びショットキー電極213が形成され、SiC基板211裏面上にはオーミック電極214が形成され、これらによりSiC-SBD(ショットキーバリアダイオード)210を形成している。SiC-SBD210のショットキー電極213上とオーミック電極214上には、Al中に固溶限界以上のSi及びCが固溶したAl-Si-C配線材215が形成されている。このAl-Si-C配線材215の効果は、先の実施形態の効果と同様であり、配線材としてAl-Si-Cを用いることにより、Si中の炭素の析出により引き起こされる電極や配線材の劣化を防ぎ、電極部分や配線部分の抵抗を低減することができる。

【0085】(第14実施形態)図29は、本発明の第14の実施形態に係る半導体装置について、その上面図及び断面図を示したものである。

【0086】図29(a)に示すように、SiC-IGBT222とSiC-SBD221とを組み合わせて同一パッケージ中に配置している。図29(b)に示すように、SiC-IGBT222とSiC-SBD221の主面電極上には、Al-Si-C配線材223が形成されている。Al-Si-C配線材223上には金属層224(Mo等を用いる)を介して電極225(Cu等を用いる)が形成されている。また、SiC-IGBT222とSiC-SBD221の裏面側にも電極226(Cu等を用いる)が形成されている。本例においても、Al-Si-C配線材223により、先に述べたのと同様の効果を奏することができる。

【0087】なお、上記実施形態12～14では、SiC-IGBTやSiC-SBDを例にあげて説明したが、これらに限らず、SiCを用いたスイッチング素子や整流素子など、他の半導体デバイスに対しても上述したような構成を適用することが可能である。

【0088】(第15実施形態)図30は、本発明の第

15の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示した工程断面図である。

【0089】まず、図30(a)に示すように、SiC基板251全体をSiO₂膜252で覆う。その後、SiC基板251の裏面側のみSiO₂膜252を取り除き、さらに、図30(b)に示すように、電極材253を堆積する。ただし、電極材253をオーミック電極とする場合、SiC/電極界面の低抵抗オーミック接触を得るために高温の熱処理が必要となる。一方、図30

(d)の工程においてSiC基板251表面に形成される電極255は高温熱処理には耐えられないため、電極255の形成は電極材253の形成及び高温熱処理を完了した後に行わなければならない。しかし、電極255の形成を行うためには、図30(c)の工程においてSiC基板251上に残ったSiO₂膜252を除去しなければならない。SiO₂膜252を除去するためにはHFなどの酸を用いるが、その際、電極材253が酸に侵食される恐れがある。そこで、電極材253上に酸に対して不溶性の金属を用いて電極材254を形成し、電極材253が酸に侵食されることを防止する。

【0090】耐酸性の電極材254としては、4A族、5A族、6A族元素であるTi, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, Wから選択された1つ以上の金属を用いるようにとする。

【0091】(第16実施形態)図31は、本発明の第16の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。図31に示すように、SiC基板301上にSi_{1-x-y}C_xGe_y層302とキャップ層303が層状に形成されている。xは0≤x≤0.5、yは0≤y≤0.3であり、Ge濃度は10²¹cm⁻³以上となっている。

【0092】キャップ層303には、金属、金属間化合物など、具体的にはNi, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Al, Ga, In, C, Si, Ge, Sn, Pb, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, Wの中から選択された1つ以上の元素を含むものを用いることが望ましい。

【0093】Si_{1-x-y}C_xGe_yはSiCと比較してバンドギャップが狭いため、SiC基板301と金属導電性を有するキャップ層303との間にSi_{1-x-y}C_xGe_y層302を介在させることにより、金属/半導体界面のバリアを低下させることができ、オーミック接触抵抗を低減することができる。また、Si_{1-x-y}C_xGe_y層302がSiC基板301と同じ導電型にドーピングされていれば、さらに接触抵抗の低いオーミック電極を得ることができる。

【0094】図32は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。電極構造の基本的な構成は、図31に示した例と同様である。図31の例と異なるのは、Si_{1-x-y}C_xGe_y層302の一部がSiC

基板301に埋もれている点である。電極の作製方法によっては本例のようにSi_{1-x-y}C_xGe_y層302の位置が変わることがあるが、図31の例と同様の効果を奏することができる。

【0095】図33は、本実施形態に係る電極構造の他の例を示した断面図である。電極構造の基本的な構成は、図31に示した例と同様である。図31の例と異なるのは、Si_{1-x-y}C_xGe_y層302全体がSiC基板301に埋もれている点である。電極の作製方法によっては、本例のようにSi_{1-x-y}C_xGe_y層302の位置が変わることがあるが、図31の例と同様の効果を奏することができる。

【0096】(第17実施形態)図34は、本発明の第17の実施形態に係る電極構造の一例を示した断面図である。本実施形態が第16の実施形態と異なるのは、Si_{1-x-y}C_xGe_y層302上にGe層304が層状に形成されている点である。本例では、SiC基板301上にSiCよりもバンドギャップが狭いSi_{1-x-y}C_xGe_y層302が形成され、さらにその上にSi_{1-x-y}C_xGe_yよりもバンドギャップが狭いGe層304が形成されるので、金属/半導体界面のバリアをより一層低くすることができ、オーミック接触抵抗を一層低下させることができる。

【0097】(第18実施形態)図35は、第16の実施形態で示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0098】図35(a)に示すように、SiC基板301上にSi_{1-x-y}C_xGe_y層321を堆積した後、熱処理を行うことによって、図35(b)に示すように、SiC基板301とSi_{1-x-y}C_xGe_y層322の界面をなじませて不連続性を緩和させる。その後、図35(c)に示すように、Si_{1-x-y}C_xGe_y層322上にキャップ層323を堆積させる。

【0099】図36は、第16の実施形態で示したような構成を有する電極構造の製造方法の他の例を示した工程断面図である。

【0100】図36(a)に示すように、SiC基板301上にSi_{1-x-y}C_xGe_y層321とキャップ層323を層状に堆積した後、熱処理を行うことによって図36(b)に示すような構造とする。

【0101】図37は、第16の実施形態で示したような構成を有する電極構造の製造方法の他の例を示した工程断面図である。

【0102】図37(a)に示すように、SiC基板301にGeを加速電圧50keV、ドーズ量3×10¹⁶cm⁻²でイオン注入し、アモルファス状態のGeイオン注入領域331を形成する。イオン注入温度は室温～800℃が望ましい。Geイオン注入領域331中にはGeが1×10²¹cm⁻³以上の濃度で含有される。次に、図37(b)に示すように、キャップ層332を堆積し

た後、熱処理を行う。熱処理とキャップ層堆積の順番は逆であっても良い。熱処理を行うことによって、図37(c)に示すように、Geイオン注入層331は $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層333となる。

【0103】非晶質状態のイオン注入層を熱処理して再結晶化すると、3C結晶構造になり易いことが知られている。3C結晶構造は4Hや6Hの結晶構造に比べてバンドギャップが狭いので、 $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層が3C結晶構造となることにより、オーミック接触抵抗をより一層低下させることができる。また、Geのイオン注入時のパワーやドーズ量を調整することにより、Ge濃度や注入領域、さらにはオーミック特性を自在に制御することができる。

【0104】(第19実施形態)図38は、第17の実施形態で示したような構成を有する電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0105】図38(a)に示すように、SiC基板301にGeを加速電圧50keV、ドーズ量 $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ でイオン注入し、アモルファス状態のGeイオン注入領域331を形成する。イオン注入温度は室温~800°Cが望ましい。Geイオン注入領域331中にはGeが $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以上の濃度で含有される。次に、図38(b)に示すように、Ge堆積層334、キャップ層335を層状に堆積した後、熱処理を行う。熱処理とGe層及びキャップ層堆積の順番は逆であっても良い。熱処理を行うことによって、図38(c)に示すように、Geイオン注入層331は $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層336となる。

【0106】本例でも、非晶質状態のイオン注入層を熱処理して再結晶化することにより、3C結晶構造を形成し易くなり、オーミック接触抵抗をより一層低下させることができる。

【0107】(第20実施形態)図39は、本発明の第20の実施形態に係る電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0108】図39(a)に示すように、SiC基板301にGe及びドーパント元素をイオン注入することにより、アモルファス状態のイオン注入領域341を形成する。Geとドーパントイオンは、同時に注入してもよいし別々に注入してもよい。イオン注入温度は室温~800°Cが望ましい。イオン注入領域341中にはGeを $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以上の濃度で含有させる。ドーパント元素には、イオン注入領域341がSiC基板301と同じ導電型となるものを用いる。SiC基板301がn型であれば、ドーパントは5族元素、具体的にはN, P, As, Sb, Bi, V, Nb, Taから選択されるものとし、SiC基板301がp型であれば、ドーパントは3族或いは2族元素、具体的にはB, Al, Ga, In, Tl, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Raから選択されるものとす

る。

【0109】イオン注入領域341は、アモルファス化することにより、領域341中のドーパント濃度がSiC中における熱平衡状態での固溶限界以上の濃度となる。その結果、次の工程で形成される $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層343中のドーピング濃度を飛躍的に向上させることができ、オーミック接触抵抗を低減させることができる。

【0110】熱処理を行った後、図39(c)に示すように、キャップ層342を層状に堆積する。熱処理とキャップ層堆積の順番は逆であっても良い。熱処理を行うことにより、イオン注入層341は $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層343となる。キャップ層342としては金属、金属間化合物など、先に示したものと同様のものを用いればよい。

【0111】(第21実施形態)図40は、本発明の第21の実施形態に係る電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0112】図40(a)に示すように、SiC基板301にGe及びドーパント元素をイオン注入することにより、アモルファス状態のイオン注入領域341を形成する。イオン注入条件やドーパント元素等は、上述した第20の実施形態の場合と同様である。イオン注入領域341は、アモルファス化することにより、領域341中のドーパント濃度がSiC中における熱平衡状態での固溶限界以上の濃度となる。その結果、次の工程で形成される $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層346中のドーピング濃度を飛躍的に向上させることができ、オーミック接触抵抗を低減させることができる。

【0113】熱処理を行って、図40(b)に示すように $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層346を形成した後、図40(c)に示すように、Ge層344とキャップ層345を層状に堆積する。熱処理とキャップ層等の堆積の順番は逆であっても良い。キャップ層342としては金属、金属間化合物など、先に示したものと同様のものを用いればよい。また、Ge層344はSiC基板301と同じ導電型にドーピングされていることが望ましい。

【0114】(第22実施形態)図41は、本発明の第22の実施形態に係る電極構造の製造方法の一例を示した工程断面図である。

【0115】図41(a)に示すように、SiC基板301上にGeとドーパント元素の混合物層352を形成した後、図41(b)に示すように、Geとドーパント元素をイオン注入して、アモルファス状態のイオン注入領域351を形成する。イオン注入条件やドーパント元素等は、上述した第20の実施形態の場合と同様である。イオン注入領域351は、アモルファス化することにより、領域351中のドーパント濃度がSiC中における熱平衡状態での固溶限界以上の濃度となる。その結果、次の工程で形成される $Si_{1-x-y}CxGe_y$ 層35

4中のドーピング濃度を飛躍的に向上させることができ、オーミック接触抵抗を低減させることができる。

【0116】熱処理を行って、図41(c)に示すようにSi_{1-x-y}C_xGe_y層354を形成した後、キャップ層353を層状に堆積する。熱処理とキャップ層の堆積の順番は逆であっても良い。キャップ層353としては金属、金属間化合物など、先に示したものと同様のものを用いればよい。

【0117】(第23実施形態)図42は、本発明の第23の実施形態に係る電極構造の製造方法を示す断面図である。

【0118】図42(a)に示すように、SiC基板301上にポリSi層361を堆積した後、図42(b)に示すように、Geをイオン注入することにより、アモルファス状態の注入領域362を形成する。イオン注入領域362は、SiC基板301と同じ導電型にドーピングされていることが望ましい。イオン注入温度は室温～800℃が望ましい。イオン注入領域362中にはGeを $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以上の濃度で含有させる。

【0119】図42(c)に示すように、熱処理を行ってイオン注入領域362をSi_{1-x-y}C_xGe_y層364とし、さらにその上に電極363を層状に堆積する。熱処理と電極堆積の順番は逆であっても差し支えはない。電極363としては、金属、金属間化合物など、具体的には、Ni、Pd、Pt、Cu、Ag、Au、Zn、Al、Ga、In、C、Si、Ge、Sn、Pb、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、Wの中から選択された1つ以上の元素を含むものが望ましい。

【0120】(第24実施形態)図43は、本発明の第24の実施形態に係る電極構造の製造方法を示す断面図である。

【0121】図43(a)に示すように、SiC基板301上にポリSi層371を堆積した後、Ge及びドーパント元素をイオン注入することにより、図43(b)に示すように、アモルファス状態のイオン注入領域372を形成する。イオン注入温度は室温～800℃が望ましい。イオン注入領域371中にはGeを $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以上の濃度で含有させる。イオン注入条件やドーパント元素等は、先に示した第20の実施形態の場合と同様である。

【0122】図43(c)に示すように、熱処理を行ってイオン注入領域372をSi_{1-x-y}C_xGe_y層374とし、さらにその上に電極373を層状に堆積する。熱処理と電極堆積の順番は逆であっても差し支えはない。電極373には先に示したものと同様の金属等を用いることができる。Si_{1-x-y}C_xGe_y層374は高濃度で不純物がドーピングされているため、オーミック接触抵抗を低減することができる。

【0123】(第25実施形態)図44は、本発明の第

25の実施形態に係る電極構造の製造方法を示す断面図である。

【0124】図44(a)に示すように、SiC基板301上にSiとGeの混合物層381とキャップ層382を層状に堆積した後、熱処理を行うことにより、図44(b)に示すように、SiC基板301とSi及びGeの混合物層381が反応してSi_{1-x-y}C_xGe_y層383が形成される。キャップ層382としては、先に示したものと同様の金属等を用いればよい。

【0125】(第26実施形態)図45は、本発明の第26の実施形態に係る電極構造の製造方法を示す断面図である。

【0126】図45(a)に示すように、SiC基板301上にSiとGeの混合物層391を層状に堆積した後、ドーパント元素をイオン注入する。その後、図45(b)に示すようにキャップ層393を堆積した後、熱処理を行う。熱処理により、SiC基板301とドーパント元素がイオン注入されたSiとGeの混合物層92が反応し、Si_{1-x-y}C_xGe_y層394が形成される。Si_{1-x-y}C_xGe_y層394は高濃度で不純物がドーピングされているため、オーミック接触抵抗を低減することができる。

【0127】なお、以上説明した第16～第26の実施形態において、熱処理はAr等の不活性ガス雰囲気中において500℃～1000℃、好ましくは700℃～900℃で行うことが好ましい。

【0128】(第27実施形態)図46は、本実施形態に係るショットキーダイオードの構成例を示した断面図である。本実施形態は、ショットキー電極の周囲にSiC基板とは逆の導電型のガードリングを設けたときに、ガードリングと電極との間で十分に低抵抗なオーミック接触ができるようにしたものである。

【0129】図46において、401はSiC基板、402はSiCエピタキシャル成長層、403はガードリングとなるドーピング層、404は裏面電極、405は表面処理層(不純物がドーピングされたSi_{1-x-y}C_xGe_y層)、406は表面電極である。

【0130】n型SiC基板401に、ライトドープのn型SiCエピタキシャル成長層402(厚さ10μm)を形成した基板を準備した。SiCはいわゆる4Hタイプの構造を有しており、エピタキシャル成長させた面の方位は(001)面のいわゆるSi面である。

【0131】上記基板に対して、洗浄処理を行った後、酸素雰囲気中1200℃で酸化膜を形成した。その後、常圧CVDによりさらにシリコン酸化膜を形成し、トータル1μmの酸化膜とした。続いて、この酸化膜をパターンニングして所定位置に酸化膜のないパターンを形成した。この酸化膜が形成された基板に対して、1000℃でボロンイオンを 10^{19} cm^{-3} イオン注入した。続いて、1500℃でアニールを行い、ドープしたボロンを

活性化させ、酸化膜のない部分に p 型のドーピング層 403 を形成した。裏面の酸化膜を除去した後、裏面電極 404 として Ni を $1\mu\text{m}$ 蒸着し、さらに 950°C でアニールして裏面において基板とのオーミック性を確保した。

【0132】次に、酸処理で p 型のドーピング層 403 表面を洗浄した後、Ge をイオン注入し、図 46 (b)

(図 46 (a) の拡大図) に示すように、表面処理層 405 (ボロンがドーピングされた $\text{Si}_{1-x-y}\text{C}_x\text{Ge}_y$ 層) を形成した。表面処理層 405 中には Ge が $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 以上の濃度で含有されている。その後、すべての酸化膜を除去し、表面電極 406 として Ti を $1\mu\text{m}$ 蒸着してパターニングを行った。さらに、 400°C でアニールを行い、図 46 に示すような構造を作成した。

【0133】このようにして作成した試料では、SiC エピタキシャル成長層 402 と表面電極 406 とはショットキー接触であり、ガードリングとなる p 型ドーピング層と表面電極 406 とは表面処理層 405 の作用によってオーミック接触となっていた。オーミック接触領域の接触抵抗は $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ であった。これは、Ge のイオン注入により表面がアモルファス状態となり、 400°C 程度の低温アニールでも良好なオーミック性が得られたためである。

【0134】なお、ボロンのイオン注入前に、基板の露出表面を再度酸化して 50nm 程度の薄い酸化膜を形成する、或いは基板表面に Ge を蒸着して薄い層を形成し、その後上記と同様にして Ge のイオン注入を行った試料も作成した。この場合、接触抵抗は $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ であり、さらにオーミック性が改善された。

【0135】また、SiC 基板 401 として p 型の SiC を用い、ガードリングに n 型ドーピング層を用いた試料も作成した。表面処理層 405 には Ge 或いは Si をイオン注入したものを用いた。オーミック部分での抵抗は $10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ 台の値であり、オーミック接触が確保できた。Si をイオン注入したものでは、電極との間でシリサイド化が生じ、オーミック性が得られ易くなったためと思われる。

【0136】(第 28 実施形態) 図 47 は、本発明の第 28 の実施形態に係るショットキーバリアダイオードの構成例を示した断面図である。

【0137】n 型 SiC 基板 500 上に n 型 SiC エピタキシャル層 501 が形成され、SiC エピタキシャル層 501 上の所定の領域には p 型 SiC 層 502 が形成されており、p 型 SiC 層 502 に挟まれた SiC エピタキシャル層 501 上にはショットキー電極 503 が形成されている。p 型 SiC 層 502 とショットキー電極 503 の表面はポリシリコン 504 で覆われ、また n 型 SiC 基板 500 裏面上にはオーミック電極 505 が形成されている。

【0138】SiC エピタキシャル層 501 中には所定

の濃度の水素が含まれている。SiC はアクセプタ単位及びドナー単位が深く、非ドーパント不純物の作る深い準位にキャリアがトラップされることが多く、素子特性が低下するという問題がある。水素を含有させることによって非ドーパント不純物の作る深い準位を補償することができ、キャリア濃度及びキャリア移動度が上昇し、ショットキーバリアダイオードの電気的特性の向上をはかることができる。

【0139】また、p 型 SiC 層 502 にも水素が含まれていれば、残留ドナーを不活性化する効果も得られるため、さらに p 型 SiC のキャリア濃度が上昇し、リーク電流を低減させることもできる。

【0140】水素が含まれた SiC は、表面にドーパントイオンと水素イオンとを同時或いは別々にイオン注入するか、或いは結晶成長時に水素を混合させることによって作製することができる。水素濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、また $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 以上であることが好ましい。

【0141】(第 29 実施形態) 図 48 は、本発明の第 29 の実施形態に係るショットキーバリアダイオードの構成例を示した断面図である。

【0142】n 型 SiC 基板 510 上に n 型 SiC エピタキシャル層 511 が形成され、SiC エピタキシャル層 511 上の所定の領域にはシリコン酸化膜 512 が形成されている。シリコン酸化膜 512 が形成された SiC エピタキシャル層 511 の上部はショットキー電極 513 で覆われ、また n 型 SiC 基板 510 裏面上にはオーミック電極 514 が形成されている。

【0143】n 型 SiC 基板 510 及び SiC エピタキシャル層 511 中には所定の濃度の酸素が含まれている。SiC は空孔等に起因する結晶欠陥が多く、酸素を含有させることによって欠陥を緩和させることができ、キャリア濃度及びキャリア移動度が上昇し、ショットキーバリアダイオードの電気的特性の向上をはかることができる。

【0144】酸素が含まれた SiC は、表面にドーパントイオンと酸素イオンとを同時或いは別々にイオン注入するか、或いは結晶成長時に酸素を混合させることによって作製することができる。酸素濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下であることが好ましく、また $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 以上であることが好ましい。

【0145】なお、上記第 28 及び 29 の実施形態ではショットキーバリアダイオードを例に説明したが、SiC を用いた整流素子やスイッチング素子など、他の SiC 半導体素子にも適用可能である。

【0146】また、上記各実施形態で示した SiC には、2H、4H、6H、3C 等全ての結晶構造をもつ SiC があてはまる。

【0147】以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない

く、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。

【0148】

【発明の効果】本発明によれば、SiCを用いた半導体装置において、電極領域を所定の構造にすることによって低抵抗化をはかることができる。また、SiCに酸素や水素を含有させることによって、キャリア濃度やキャリア移動度の低下を抑制することができる。よって、本発明によれば、高性能の半導体装置を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図5】本発明の第3の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る製造工程の他の例を示した図。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る製造工程の他の例を示した図。

【図8】本発明の第4の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図9】本発明の第5の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図10】本発明の第5の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図11】本発明の第6の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図12】本発明の第6の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図13】本発明の第6の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図14】本発明の第7の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図15】本発明の第7の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図16】本発明の第8の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図17】本発明の第8の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図18】本発明の第8の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図19】本発明の第9の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図20】本発明の第9の実施形態に係る製造工程の一

例を示した図。

【図21】本発明の第10の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図22】本発明の第10の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図23】本発明の第10の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図24】本発明の第10の実施形態に係る製造工程の他の例を示した図。

10 【図25】本発明の第11の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図26】本発明の第11の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図27】本発明の第12の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図28】本発明の第13の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図29】本発明の第14の実施形態に係る構成の一例を示した図。

20 【図30】本発明の第15の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図31】本発明の第16の実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図32】本発明の第16の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図33】本発明の第16の実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【図34】本発明の第17の実施形態に係る構成の一例を示した図。

30 【図35】本発明の第18の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図36】本発明の第18の実施形態に係る製造工程の他の例を示した図。

【図37】本発明の第18の実施形態に係る製造工程の他の例を示した図。

【図38】本発明の第19の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図39】本発明の第20の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

40 【図40】本発明の第21の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図41】本発明の第22の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図42】本発明の第23の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図43】本発明の第24の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

【図44】本発明の第25の実施形態に係る製造工程の一例を示した図。

50 【図45】本発明の第26の実施形態に係る製造工程の

一例を示した図。

【図46】本発明の第27の実施形態に係る構成の一例を示した図。

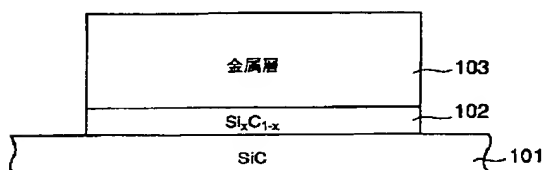
【図47】本発明の第28実施形態に係る構成の一例を示した図。

【図48】本発明の第28実施形態に係る構成の他の例を示した図。

【符号の説明】

101、130、140…SiC基板
 102… Si_xC_{1-x} 層
 103、112…金属層
 104、121、131、141…第1元素層
 105、122、132、142…第1元素炭化物層
 106…ポリSi層
 107…ドーフトポリSi層
 108、111、155、165…アモルファス領域
 109…ポリSiC層
 110…ドーフトポリSi層
 113…炭化物層
 120…ポリSiC層
 123、143…第2元素層
 124、134、144…第2元素珪化物層
 125…第1元素、第2元素、第1元素炭化物、第2元素珪化物の混在層
 126、136…第1元素、第2元素の混在層
 127、137、154、163…キャップ層
 133…第2元素窒化物層
 135…第1元素、第2元素窒化物、第1元素炭化物、第2元素珪化物の混在層
 145、152、162…第3元素高濃度層
 146、166…第3元素層
 151…第1元素、第2元素、第3元素、第1元素炭化物、第2元素珪化物の混在層
 153…第1元素、第2元素、第3元素の混在層
 161…第3元素、第4元素、第4元素炭化物、第4元素珪化物の混在層
 167…第4元素層
 201、222…SiC-IGBT
 202、215、223…配線材

【図1】



203…Alワイヤ

210…SiC-SBD

211、251…SiC基板

212…SiCエピタキシャル層

213…ショットキー電極

214…オーミック電極

221…SiC-SBD

224…金属層

225、226…電極

10 252… SiO_2 膜

253、254…電極材

255…電極

301…SiC基板

302、322、333、336、343、346、3

54、364、374、383、394… $Si_{1-x-y}C_xGe_y$ 層

303、323、332、335、342、345、353…キャップ層

304、334、344…Ge層

20 321… $Si_{1-x-y}C_xGe_y$ 堆積層

331、341、351、362、372、392…イオン注入領域

352、381、391…混合物層

361、371…ポリSi堆積層

363、373…電極

382…キャップ層、393

401…SiC基板

402…SiCエピタキシャル成長層

403…ドーピング層

30 404…裏面電極

405…表面処理層 ($Si_{1-x-y}C_xGe_y$ 層)

406…表面電極

500、510…n型SiC基板

501、511…n型SiCエピタキシャル層

502…p型SiC層

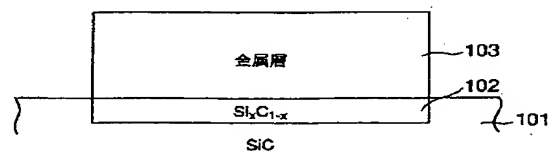
503、513…ショットキー電極

504…ポリシリコン層

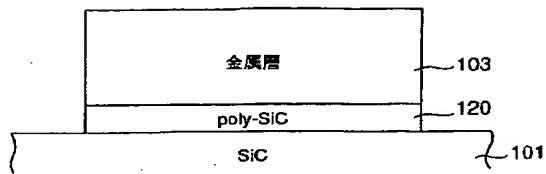
505、514…オーミック電極

512…シリコン酸化膜

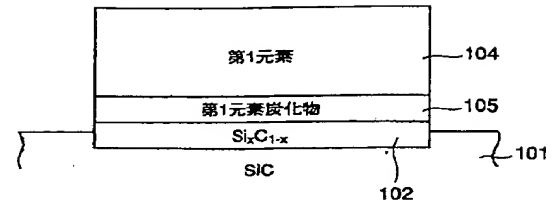
【図2】



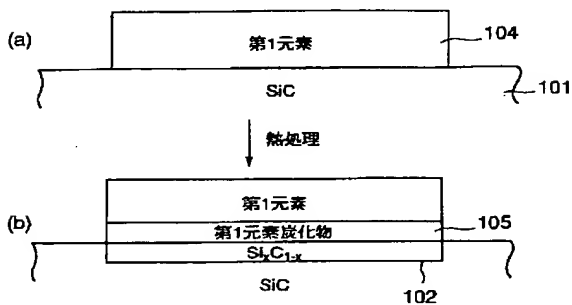
【図3】



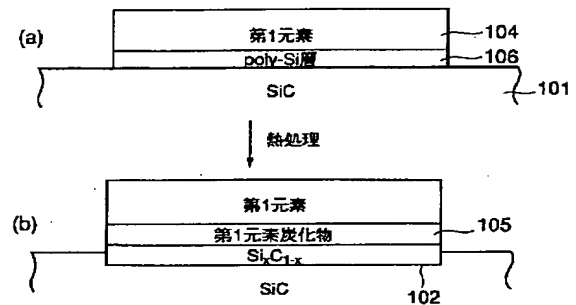
【図4】



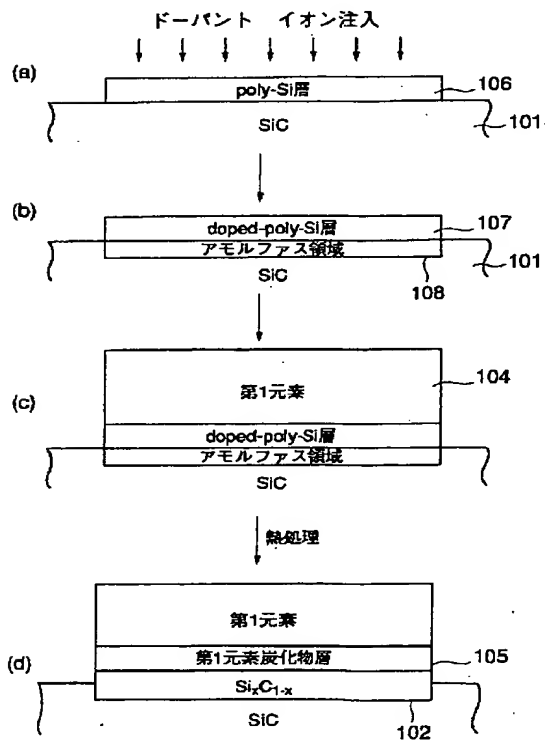
【図5】



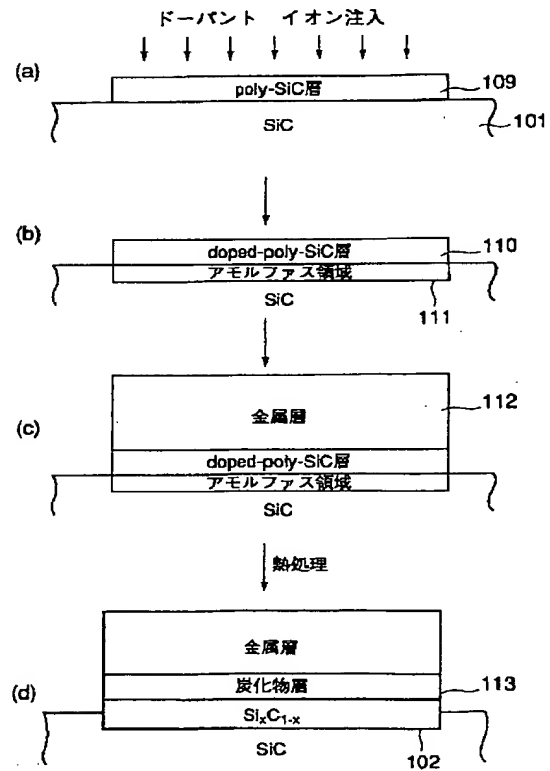
【図6】



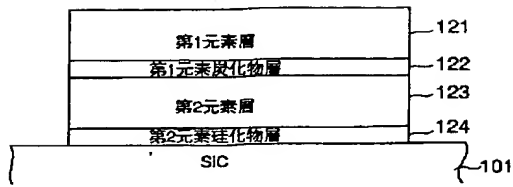
【図7】



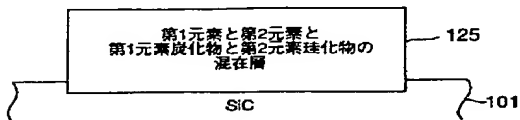
【図8】



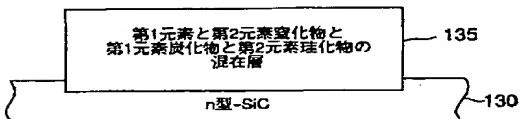
【図9】



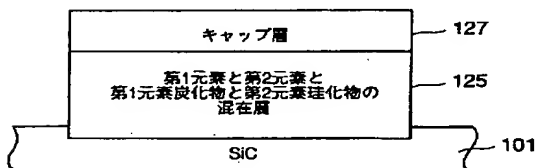
【図11】



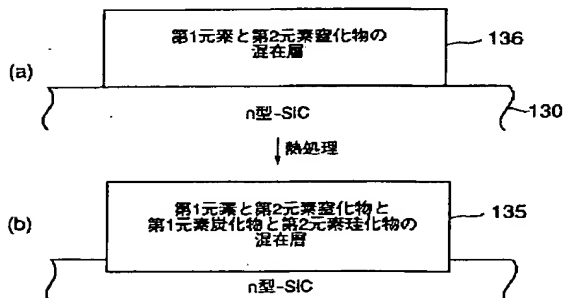
【図16】



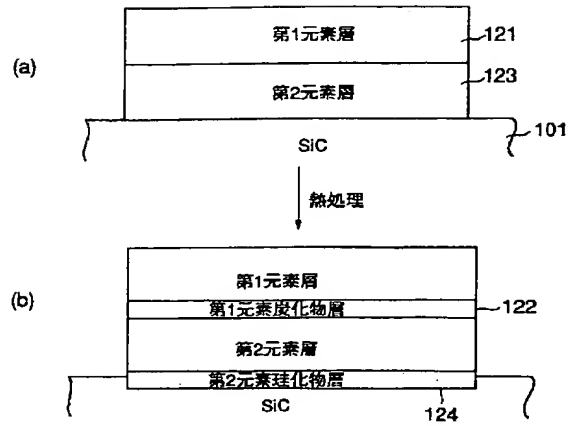
【図13】



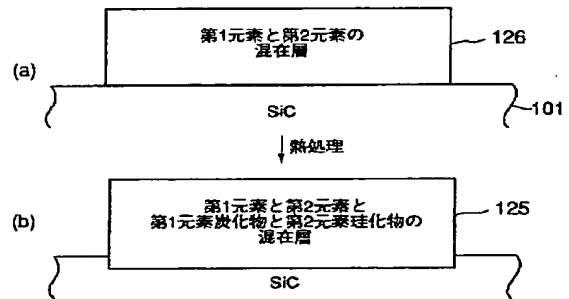
【図17】



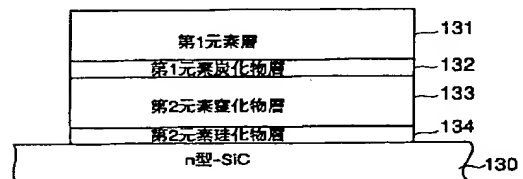
【図10】



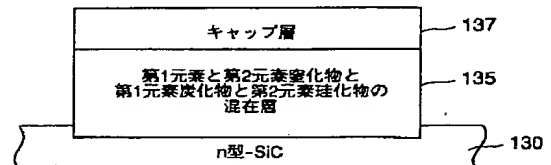
【図12】



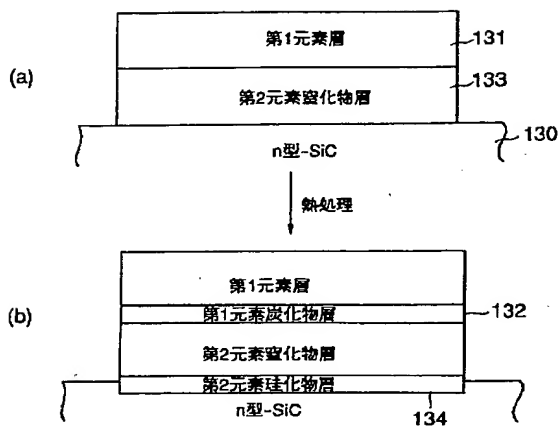
【図14】



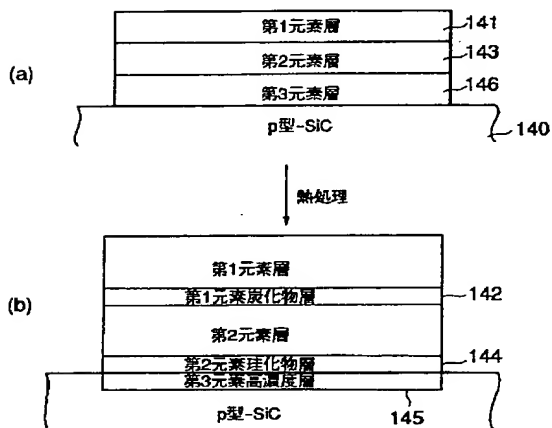
【図18】



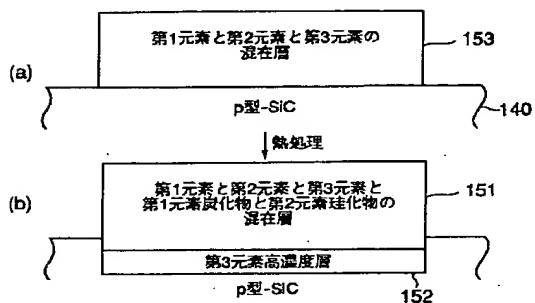
【図15】



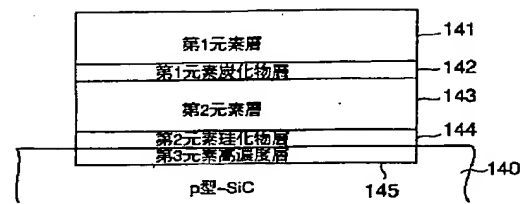
【図20】



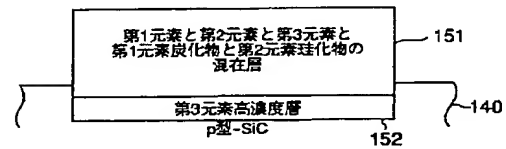
【図22】



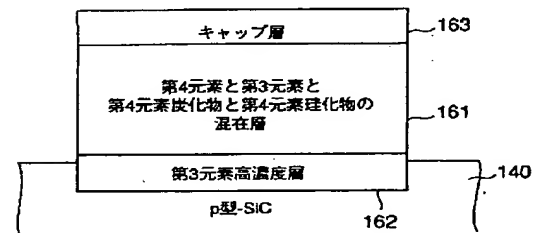
【図19】



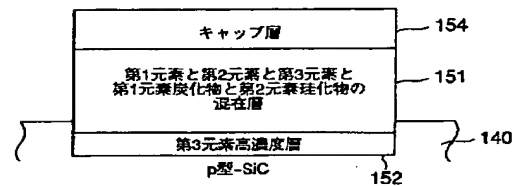
【図21】



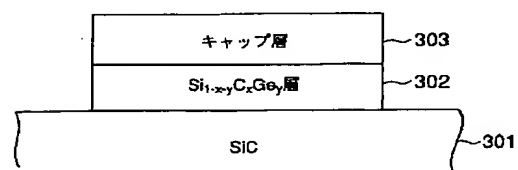
【図25】



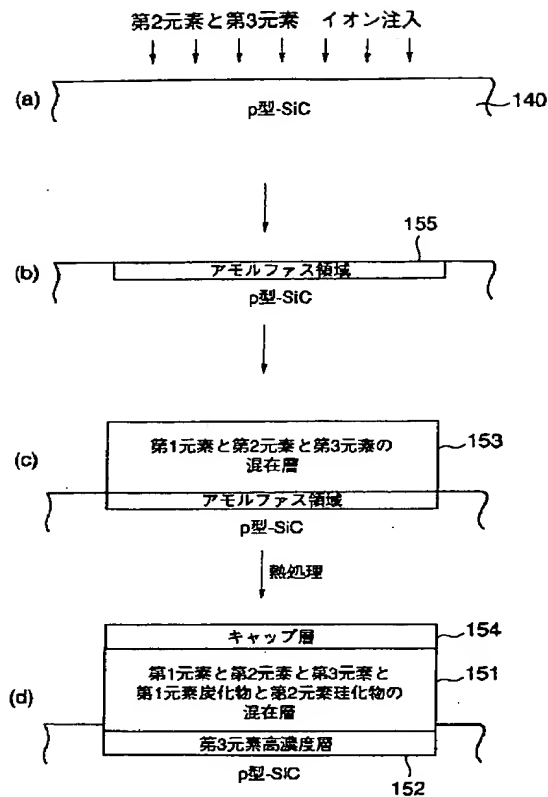
【図23】



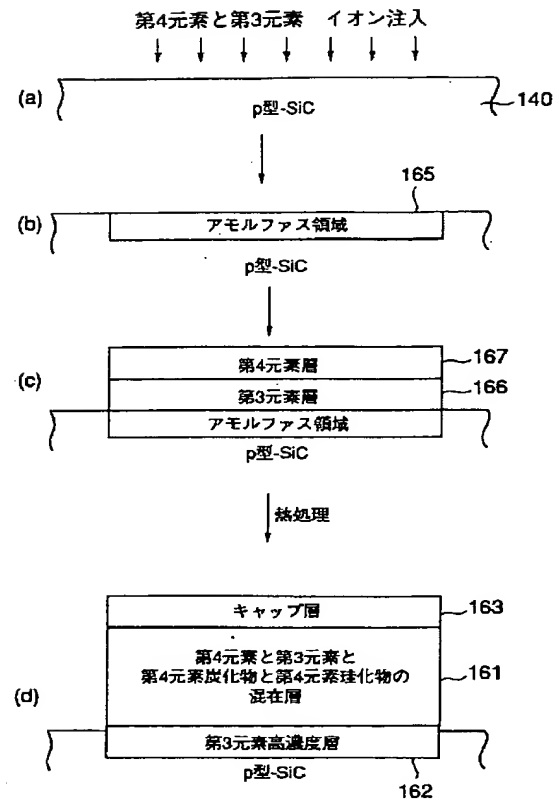
【図31】



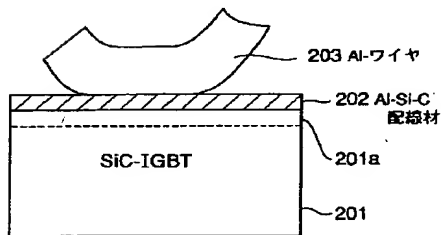
【図24】



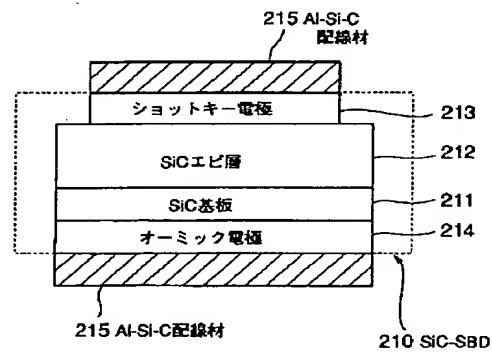
【図26】



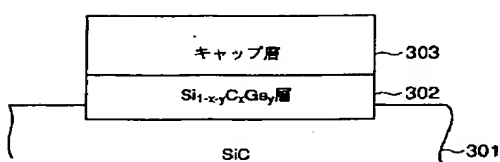
【図27】



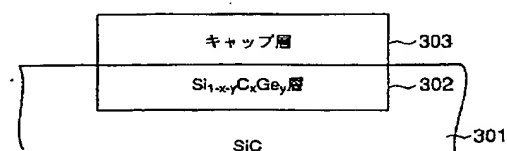
【図28】



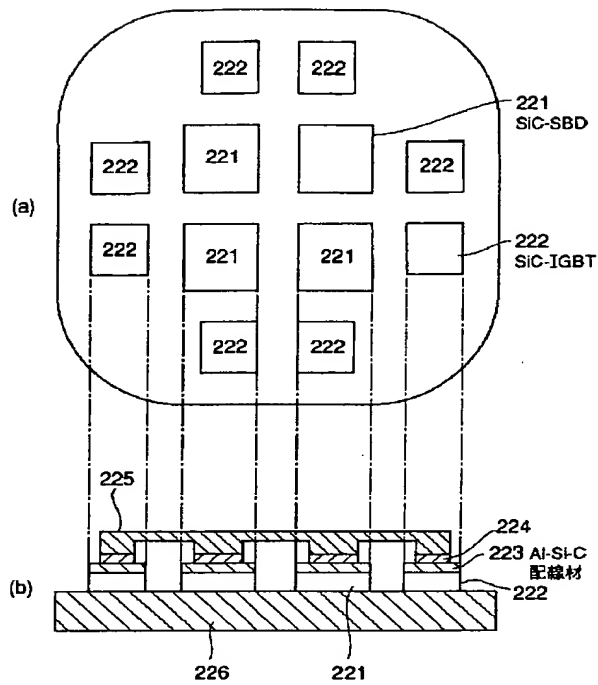
【図32】



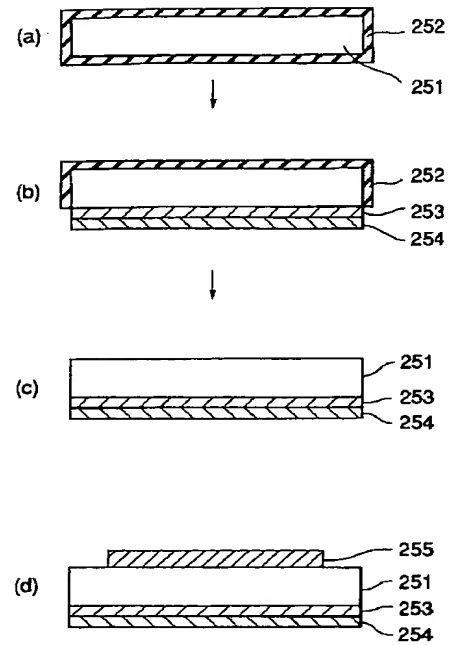
【図33】



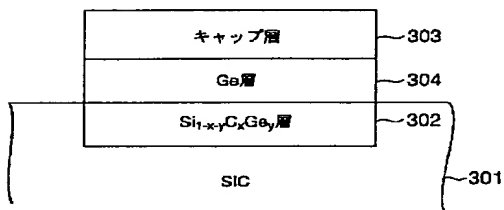
【図29】



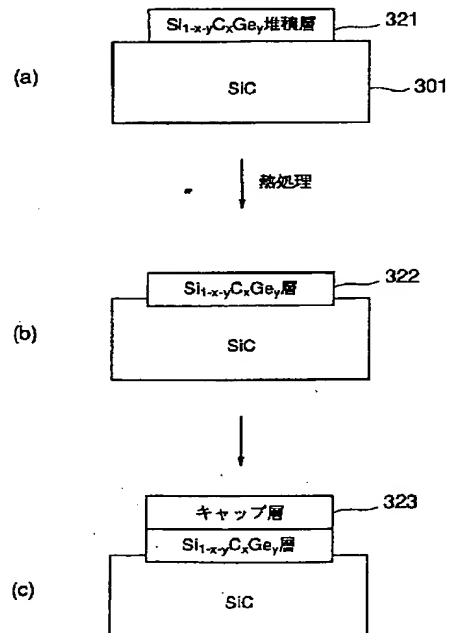
【図30】



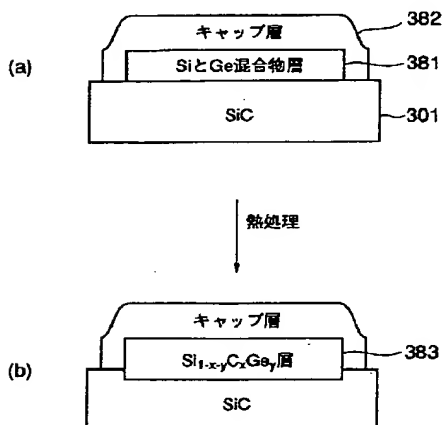
【図34】



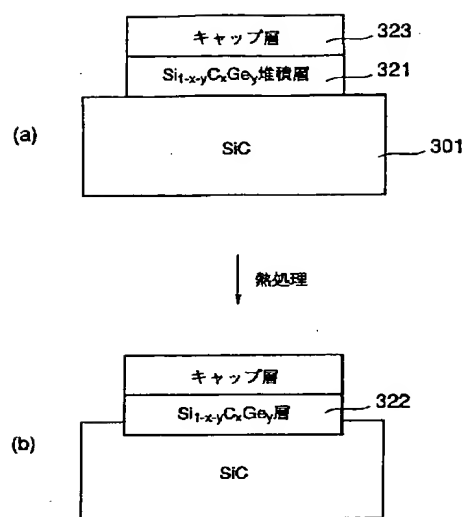
【図35】



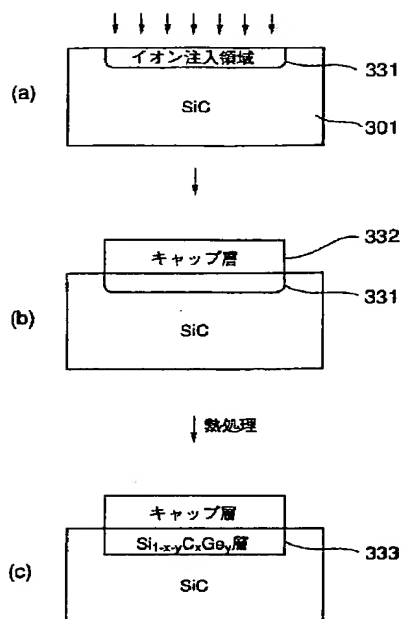
【図44】



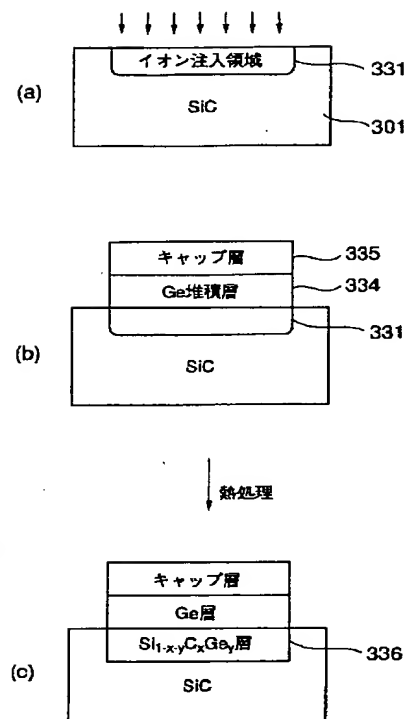
【図36】



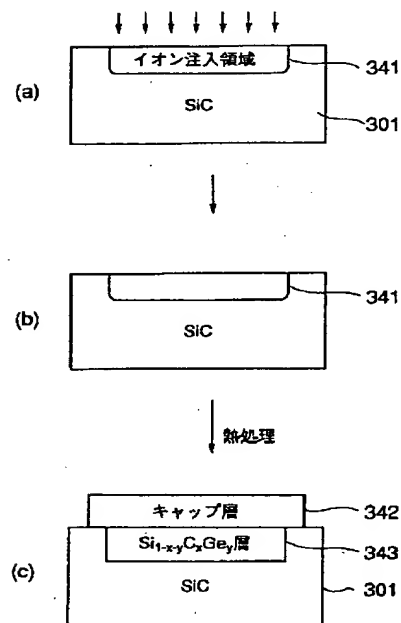
【図37】



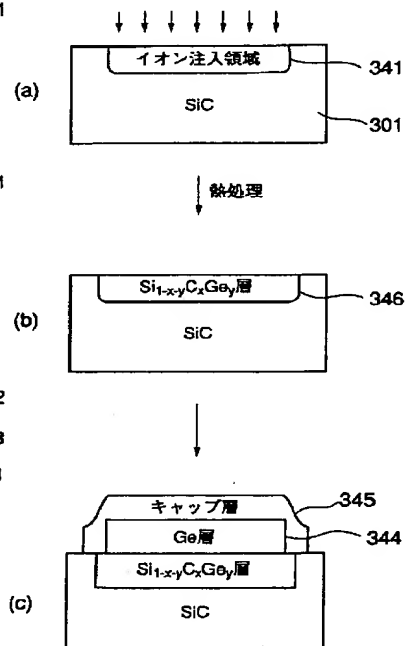
【図38】



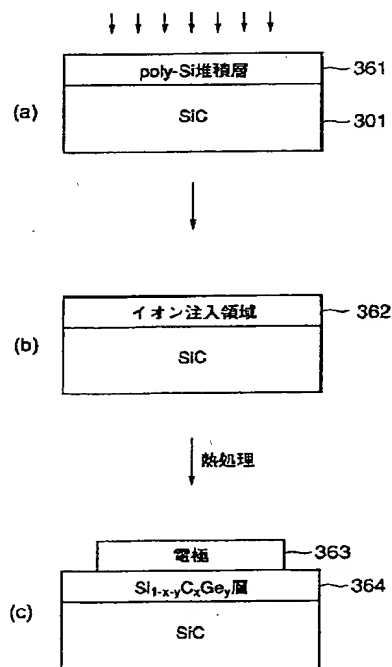
【図39】



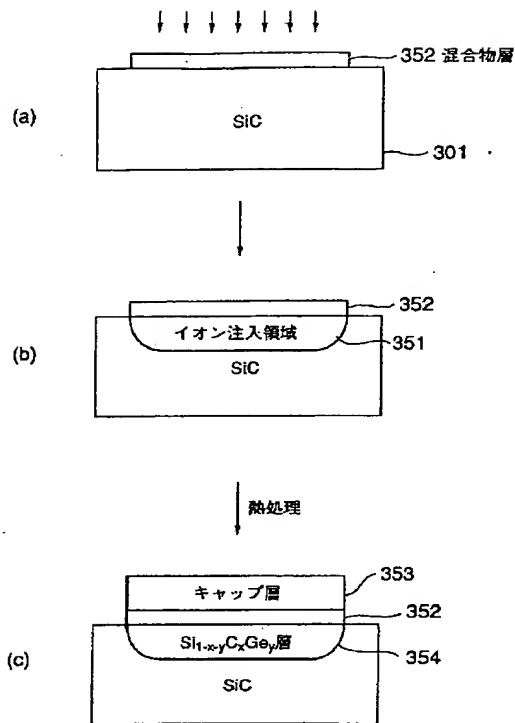
【図40】



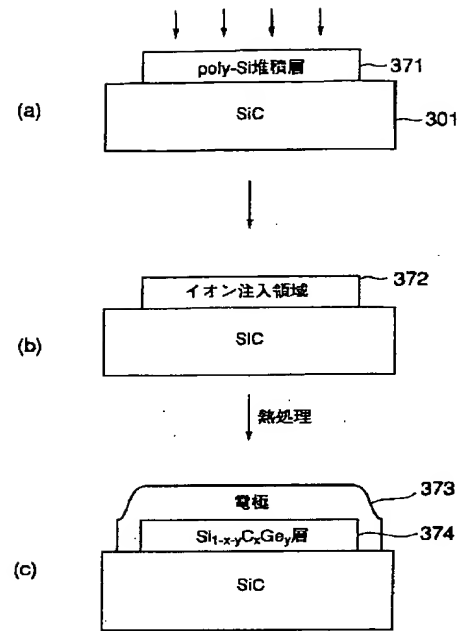
【図42】



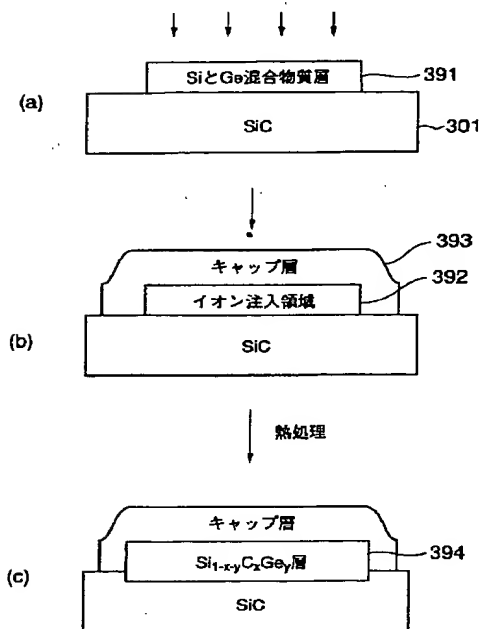
【図41】



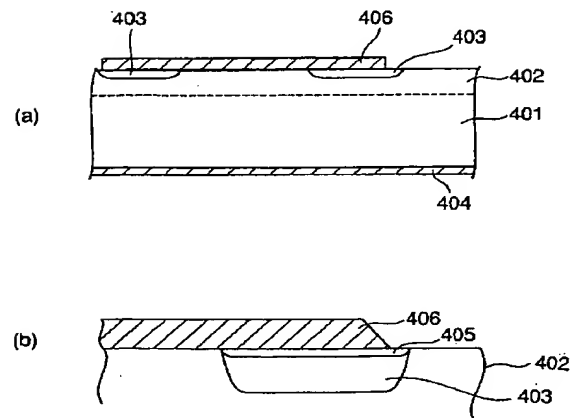
【図43】



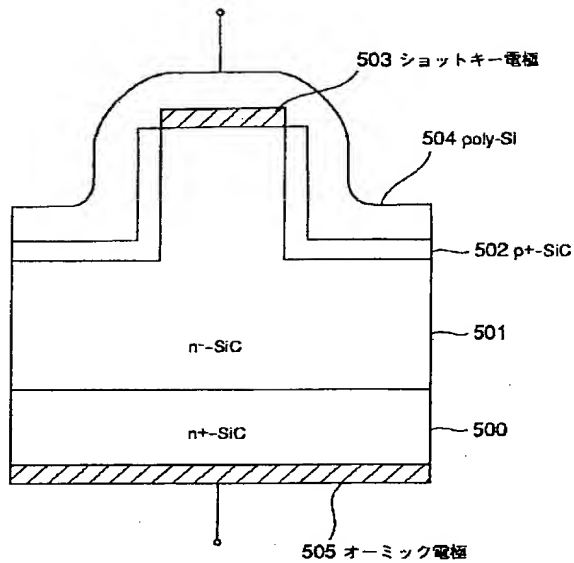
【図45】



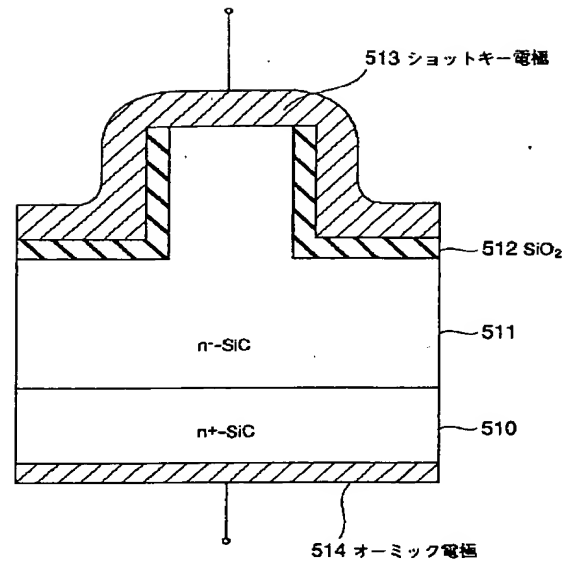
【図46】



【図47】



【図48】



フロントページの続き

(72) 発明者 滝川 修
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 今井 聖支
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 藤本 英俊
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
Fターム(参考) 4M104 AA03 AA07 BB01 BB02 BB04
BB05 BB06 BB07 BB09 BB14
BB16 BB17 BB18 BB20 BB21
BB24 BB25 BB26 BB27 BB34
BB37 BB38 BB40 CC01 DD35
DD78 DD91 GG03 HH15 HH20